

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto

Tommi Pitkälä

LAIVAN LASTAAMINEN HALLISSA – UUSIA VAATIMUKSIA SATAMASUUNNITTELUUN

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytetyönä
tarkastettavaksi Espoossa 26.10.2005

Työn valvoja: Professori Pertti Vakkilainen

Työn ohjaaja: DI Martti Pihlajamaa

Tekijä ja työn nimi : Tommi Pitkälä

Laivan lastaaminen hallissa – uusia vaatimuksia satamasuunnitteluun

Päivämäärä : 26.10.2005**Sivumäärä :** 90 + liitteet 14**Osasto :** Rakennus- ja ympäristötekniikka**Professuuri :** Vesitalous ja vesirakennus**Työn valvoja :** Professori Pertti Vakkilainen**Työn ohjaaja :** Diplomi-insinööri Martti Pihlajamaa**Avainsanat :** Kokkolan satama, AW-terminaali, vesirakennussuunnittelu

Tässä diplomityössä tutustutaan AW-terminaaliprojektiin, joka suunniteltiin ja toteutettiin Kokkolan satamassa vuosien 2002-2004 välisenä aikana. Projektin perustana on liikeidea, jossa Kokkolan sataman lisääntyntä liikennettä palvelemaan toteutettiin uusi laivapaikka. Liikeidean ja sen toteutuksen taustalla vaikuttaa osin koko sataman historia ja sen kehitys nykypäiviin asti. Laivapaikkana toimii terminaalihalli, jossa lähinnä kappaletavaraa voidaan lastata ja purkaa suoraan laivasta sisätiloissa nopeasti hyvissä olosuhteissa. Erikoista verrattuna tavanomaisiin laivapaikkoihin onkin terminaalin mahdollistama lastin käsittely sekä myöhemmin myös varastointi kiinteästi laituriterminaalin yhteyteen rakennettavissa halleissa.

Työssä keskitytään projektin vesirakennusurakkaan, sen suunnitteluun ja siihen liittyviin töihin. Suunnittelu on suurelta osin laiturirakenteiden oikeaa valintaa ja tähän vaikuttavien tekijöiden huomioonottamista. Koska terminaaliprojekti on ensimmäinen laatuaan pohjoismaisissa olosuhteissa ja tällä hetkellä suurin maailmassa, on sen suunnittelu osittain vaativaa. Lisäksi on otettava huomioon uudenlaisia vaatimuksia, joita terminaalihalli ja sen tavanomaisesta poikkeava toiminta asettavat vesirakenteille. Työssä käydään läpi pääosin yleisen laiturirakennuksen suunnittelun rakennevaihtoehtoja ja mitoitusperiaatteita. Näitä käytetään perustana itse AW-terminaalin laiturirakenteiden suunnittelussa, johon vaikuttavat Kokkolan paikallisten olosuhteiden lisäksi yllä mainitut terminaalihallin asettamat vaatimukset. Rakenteiden valintaan vaikuttaa toiminnallisten näkökohtien lisäksi myös oikea mitoitus. Tällä varmistutaan rakenteen toiminnasta sen käyttöä aikana, sekä voidaan optimoida rakennuskustannuksia.

Myös projektin rakennustöissä ja niiden suunnittelussa jouduttiin ottamaan huomioon seikkoja, joita ei ennen ole laiturirakenteissa tullut vastaan. Koska terminaaliiin liittyy useita erikoisosaamista vaativia rakennekokonaisuuksia, jaettiin sekä suunnittelu, että rakentaminen vastaaviin osastoihin. Näin voidaan edelleen varmistaa projektin onnistuminen taloudellisesti. Eri urakkakokonaisuuksien suunnitelmien ja toteutustöiden yhteenliittämiseen jouduttiinkin kiinnittämään erityistä huomiota, että projekti saatiin vietyä joustavasti läpi suhteellisen tiukasta aikataulusta huolimatta. Erityishuomiota kiinnitetään rakennustöiden aikana eteen tullessiin ongelmiin ja niiden ratkaisuihin. Nämä kokemukset ovat aina tärkeitä uusien rakennusprojektien kannalta.

**HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ABSTRACT OF THE
MASTER'S THESIS**

Author and name of the thesis : Tommi Pitkälä Loading a ship inside a hall – new requirements for harbour design	
Date : 26.10.2005	Number of pages : 90 + app. 14
Department : Civil and Environmental Engineering	Professorship : Water Resources
Supervisor : Professor Pertti Vakkilainen	
Instructor : M.Sc. (Tech.) Martti Pihlajamaa	
Keywords : Port of Kokkola, All weather terminal, waterfront structure design	
<p>In this thesis an AW-terminal project is presented. The project was designed and realized in Port of Kokkola during the years 2002 – 2004. The base of the project was a business idea, in which a new berth was designed to serve the increasing traffic of Port of Kokkola. Background of the business idea is partially in the Ports history and its development until recent days. The berth is inside a terminal hall, in which mainly bulk cargo can be loaded and unloaded straight from a ship indoors and under good conditions. A specialty of the terminal is the cargo handling it enables in comparison with conventional berths. Also the storing of cargo in the warehouses later built in direct connection with the terminal is a novelty.</p> <p>The thesis concentrates on the projects waterfront construction contract and the works it includes. The designing is mostly the right choice of harbor structures and taking into account the variables that affect the choices. Since the terminal project is first of its kind in the Nordic conditions and at the moment largest in the world, its designing is somewhat demanding. In addition, new requirements, which the terminal hall and its exceptional operation cause to the structures, must be taken into account. The thesis also presents the main parts of structural alternatives and dimensioning of a general harbor design. These are used as a basis of the AW-terminals harbor structures designing, which is also influenced by the local natural conditions of Kokkola as well as the demands of the terminal hall. In addition to the operational point of views, the selection of the structures is also affected by their dimensioning. With right dimensioning, the performance of the structures can be confirmed during their life span. Also the construction costs can be optimized.</p> <p>Also the construction works and their design are influenced by factors that are unusual to harbor contracts. Since the terminal includes various construct bodies, which require expert knowledge, both designing and building was divided into corresponding parts. This further confirms the economical success of the project. Connecting the designing and construction of different part contracts was to be crucial, so that the project could be flexibly realized despite the relatively tight schedule. A special attention is given to problems and anomalies that were met and solved during the construction works. These situations are always important to future construction projects.</p>	

Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Kokkolan AW-terminaaliprojektin suunnittelun ja rakentamistöiden yhteydessä projektin vesirakennussuunnittelijan, Insinööritoimisto Pitkälän palveluksessa. Diplomityössä on pyritty tuomaan esiin uudenlaisen laivapaikan vesirakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa huomioon otettavia seikkoja, sekä tarkastelemaan näiden taustatekijöitä. Samalla työn tekijä on pyrkinyt kokoamaan projektin kulusta siihen aktiivisesti osallistuneena suunnittelutyötä tukevan raportin. Työn valvojana on toiminut Professori Pertti Vakkilainen, ohjaajana on toiminut diplomi-insinööri Martti Pihlajamaa.

Haluan kiittää professori Pertti Vakkilaista hänen antamistaan neuvoista ja kommentteista. Kiitos kuuluu myös diplomi-insinööri Martti Pihlajamaalle, sekä muulle Kokkolan AWT-projektiin osallistuneille suunnittelu/rakennustiimille. Erityinen kiitos koko Insinööritoimisto Pitkälä Oy:n henkilökunnalle heidän asiantuntevista ohjeistaan, jotka mahdollistivat tämän diplomityön tekemisen.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	4
MERKINNÄT	7
1. JOHDANTO	8
2. PERINTEISET LASTAUSTAVAT	10
2.1. IRTOTAVARA	10
2.2. NESTETAVARA	10
2.3. KAPPALETAVARA	11
2.4. KONTIT	12
2.5. NYKYISTEN LASTAUSTAPOJEN PUUTTEITA	13
2.6. HALLISSA TAPAHTUVAN LASTAUKSEN EDUT	14
3. KOKKOLAN SATAMAN KEHITYS	15
3.1. HISTORIA	15
3.2. YKSPIHLAJA	16
3.3. NYKYINEN SATAMA	19
4. LAITUREIDEN SUUNNITTELUPERIAATTEET	21
4.1. YLEISTÄ SUUNNITTELUSTA	21
4.2. MATERIAALIT	23
4.3. LAITURIRAKENTEET	26
4.4. VARUSTEET	29
4.5. LAITURIN ALUEET	32
5. AW-TERMINAALIN SUUNNITTELU	35
5.1. TERMINAALIN PAIKAN VALINTA	35
5.2. RAKENTEEEN VALINTA	36
5.3. RAKENTEET	38
5.4. JOHDERAKENNE	39
5.5. RANTALAITURI	41
5.6. PISTOLAITURI	45
5.7. ALTAAT JA VÄYLÄ	47
5.8. VARUSTEET	48
5.9. RAKENNUSTYÖT	52
6. AW-TERMINAALIN VESIRAKENTEIDEN MITOITUS JA LASKELMAT	57
6.1. SATAMAN LUONNONOLOT	57
6.2. AW-TERMINAALIN OMINAIS- JA HYÖTYKUORMAT	62
6.3. GEOTEKNILLISET LASKELMAT	69

6.4. MUU SUUNNITTELU 76

7. AWT – PROJEKTIN TOTEUTUS 81

8. LÄHDELUETTELO..... 88

LIITELUETTELO 90

Merkinnät

Työssä käytetyissä laskelmissa on käytetty seuraavia merkintöjä. Jos laskelmat vaativat tarkempaa selvitystä, se on tehty tekstiin kaavan perään.

- q tuulen nopeuspaine [kN/m^2]
- z syvyys [m]
- L_F tuulen pyyhkäisyala [km]
- v_t tuulen nopeus [m/s]
- v_w veden virtausnopeus [m/s]
- h rakenteen korkeus, jääpeitteen korkeus, vedenkorkeus [m]
- v nopeus [m/s]
- C_F voimakerroin []
- A_v pinta-ala, projektiopinta-ala [m^2]
- μ_k hydrodynaaminen muotokerroin []
- p maanpaine, vedenpaine []
- F_{bt} kiinnityspisteen kuorma kohtisuoraan laiturin suuntaa vastaan []
- F_{bl} kiinnityspisteen kuorma laiturin suuntaan []
- F_v kiinnityskuorman pystysuora komponentti []
- $(W_k+P_w)_t$ alukseen vaikuttava maksimikuorma kohtisuoraan sivulta [kN]
- $(W_k+P_w)_l$ alukseen vaikuttava pituussuuntainen maksimikuorma [kN]
- n toimivien kiinnityspisteiden lukumäärä []
- β kaltevuuskulma, nurjahduskerroin [aste]
- r säde, poikkileikkauksen säde [m]
- f_y myötölujuus [MPa]
- $v_{L/2}$ keskikohdan taipuma [mm]
- W taivutusvastus [cm^3]
- I jäyhyysmomentti [cm^4]
- i jäyhyyssäde [cm]
- α, λ_k nurjahduskertoimia []
- f_{ck} nurjahduskestävyys [N/mm^2]

1. Johdanto

Satamaa käyttävät asiakkaat, joiden toimiala liittyy sekä vesi- että maaliikenteeseen, onhan satama näiden liikennemuotojen nivelkohta. Kuljetusliikkeiden, laivojen ja varustamoiden lisäksi satamaa käyttävät muun muassa erilaiset teollisuuden haarat, huolintaliikkeet sekä ahtausliikkeet. Kaikkien satamaa käyttävien osapuolten taloudellinen kannattaminen riippuu osin sataman asiakaspalvelusta, joten sataman toiminnan on oltava monipuolista, tehokasta, nopeaa sekä liikenne mahdollisimman jatkuvaa. /1/

Tavaroiden lastaaminen, purkaminen ja käsittely satamassa saattaa altistaa lastin erilaisille sääolosuhteille, jotka Suomessa eivät usein ole kovinkaan suotuisat. Sateen ja pakkasen aiheuttamille vaurioille alttiina ovat erityisesti kappaletavarat, joita tyypillisesti ovat esimerkiksi sahattu puutavara ja muut metsäteollisuustuotteet sekä metallituotteet. Satamassa työskentely vaikeutuu huonolla säällä. Pahimmillaan epäsuotuisat sääolot johtavat tavarankäsittelyn keskeytymiseen. Usein toistuvat katkokset sataman liikenteessä aiheuttavat taloudellisia menetyksiä ja saattavat aiheuttaa asiakkaiden siirtymisen muualle.

Tavarankäsittelyä suojaamiseksi ja lastin nopean käsittelyn varmistamiseksi Kokkolaan on suunniteltu ja rakennettu Suomen ensimmäinen niin sanottu AW (All Weather Terminal) –terminaali. Tässä joka-sään-terminaalissa toiminnan toteutus on järjestetty siten, että laiva pääsee ajamaan suoraan katetussa terminaaliin sijaitsevaan altaaseen, josta tavara voidaan lastata tai purkaa hallissa sijaitsevan kiinteän siltanosturin tai mobilonostureiden avulla sisäolosuhteissa. Katetun terminaalin välittömään yhteyteen rakennetaan myös suuri kappaletavaravarasto, joka mahdollistaa myös rekkojen ja rautatievaunujen nopean ja hyvissä olosuhteissa tapahtuvan purkamisen ja lastaamisen. AW-terminaali on ensimmäinen laatuaan Suomessa ja Pohjoismaissa, eikä maailmallakaan näitä ole kuin muutama. Ilmeisesti kuitenkin terminaalityyppi on yleistymässä ja onkin luultavaa, että tiettyjen tavaroiden käsittelyyn saatetaan jatkossa jopa vaatia vastaavaa järjestelyä. Koska terminaali on ensimmäinen laatuaan Suomessa tai yleensäkin pohjoisissa sääolosuhteissa (lähin AW-terminaali sijaitsee Hollannissa), jouduttiin sen suunnittelussa paneutumaan erityisesti talvisääolosuhteiden aiheuttamien ongelmien ratkaisuihin sekä soveltamaan käytössä olevia mitoitusperusteita uudelleen.

olosuhteisiin.

Motiivi AW–terminaalin rakentamiselle on tietenkin tärkeä kysymys: ”Miksi sitä tarvitaan?” Tämän työn tavoite onkin esitellä uutta terminaalia, sen vesirakenteiden suunnittelua, eri osien yhteen sovittamista sekä verrata projektin eroavaisuuksia ns. tavanomaisen rantatai pistolaiturin suunnitteluun, rakentamiseen ja toimintaan. Toiseksi terminaalin suunnittelussa tarvitaan ottaa huomioon tavanomaisen laiturin suunnittelussa vaadittavien ja huomioonotettavien seikkojen lisäksi myös sellaisia asioita, jotka liittyvät nimenomaan halliterminaalin erityispiirteisiin. Näihin liittyvät myös olennaisesti terminaalin toiminnalliset seikat, jotka ohjaavat myös suunnittelua monilla tavoin. Vertailukohtana hallin toiminnalle ovat nykyisin vielä käytettävät ns. perinteiset lastaustavat. Rakennustyön valmistumisen talvella 2004 – 2005 jälkeen voidaan tarkastella projektin onnistumista ja tarkastella mahdollisesti eteen tulleita ongelmia. Käsittelyssä sivutaan myös Kokkolan sataman kehitystä ja etenkin AW – terminaalin merkitystä sille.

2. Perinteiset lastaustavat

2.1. Irtotavara

Kuiviin irtotavaroihin erikoistuvissa satamissa, eli bulk - satamissa käsiteltävä tavara koostuu lähinnä malmeista, rikasteista, hiilestä, sementistä, viljasta sekä erilaisista kivi- ja maa-aineksista. Tavaranto lastaus ja purku tapahtuu erilaisten kahmareitten, purkaimien ja nostureiden avulla. Yleensä satama on varustettu lastin käsittelyyn vaadittavalla kalustolla, mutta myös irtotavaraa kuljettavat laivat saattavat olla varustettuja omalla kalustolla. Irtotavara vaatii usein omat varastoalueensa, jonne siirto tapahtuu laituralueelta elevaattoreilla, hihna- ja vaunukuljettimilla, kuormaajilla, autoilla jne. Lastaus/purukoneisto sekä kuljetinlaitteisto saattavat myös olla linjaan rakennettuja, jolloin voidaan suoraan siirtää tavara varastosta laivaan ja päinvastoin, kuten kuvassa 1 tapahtuu. Elevaattoreilla voidaan siirtää hienojakoisia ja ominaispainoltaan keveitä tuotteita joko paineilman avulla tai mekaanisesti, hihnakuljettimilla siirretään painavampia tuotteita kuten malmia, vaunukuljettimilla siirretään erityisesti kivihiiltä ja vastaavia tuotteita. /1/



Kuva 1. Irtotavaran lastausta hihnakuljettimella.

2.2. Nestetavara

Nestetavaraan lukeutuvat erilaiset kemikaalit, öljyt ja muut usein varsin myrkylliset aineet sekä elintarvikeraaka-aineet ja viinit. Koska nesteet ovat joko myrkyllisiä tai vaihto-

ehtoisesti tulevat elintarviketeollisuuden käyttöön, on niiden kuljetuksessa pidettävä huolta, ettei tavara pääse vuotamaan tai sekoittumaan muihin aineisiin. Syttymisvaaran takia satamissa ja laivoissa on erityisesti huolehdittava maadoituksesta ja eristyksestä. Nesteet lastataan ja puretaan säiliölaivoista erilaisten purkainten ja pumppujen avulla putkistoihin. Purkaimet ovat yleensä kääntövarsia, jotka taipuvat nivelellisesti myötäillen laivan liikkeitä. Putkistoja pitkin nesteet johdetaan edelleen yleensä satamassa tai sen välittömässä lähistössä sijaitseviin nestesäiliöihin, vain pieniä määriä saatetaan siirtää suoraan säiliöautoihin tai – vaunuihin. Koska tankkerialuksia vastaanottavilta satamilta vaaditaan yleensä suuriakin tiloja säiliöille, putkistoille sekä muita nesteen käsittelyyn liittyviä kriteereitä, nestetavaralle on yleensä järjestetty oma erikoissatamansa, joissa ei muita toimintoja liiemmin ole. /1,7/

2.3. Kappaletavara

Kappaletavara käsittää kaikki pienissä yksiköissä (pakattu, paalitettu, niputettu, säkitetty jne.) kuljetettavan tavarat, jota tyypillisesti Suomessa on puu ja sen jalosteet. Koska tavaroita on hyvinkin erilaisia ja erikokoisia, on kappaletavarassa vaadittava kalusto oltava monipuolista ja siksi yleensä tarvitaan myös enemmän työvoimaa. Tavarat lastaaminen, purkaminen ja käsittely tapahtuvat trukkien ja pienten kiinteiden- tai mobilenostureiden avulla. Kiinteät nosturit voivat olla joko laituriin tai laivaan asennettuja.

Nostureilla laivan kannelta tapahtuvaa purkua ja lastausta nimitetään lolo - menetelmäksi (lift on-lift off). Lastausta, joka tapahtuu laivan tai laivapaikan rampin avulla, kutsutaan roro - menetelmäksi (roll on-roll of). RoRo – menetelmässä purkaminen ja lastaaminen suoritetaan laivasta riippuen joko sivusta, keulasta ja/tai perästä. /2/ Tämän menetelmän etuna on, että tarvittaessa voidaan siirtää tavara suoraan varastosta laivaan tai päinvastoin, kun taas lolo – menetelmässä joudutaan nostamaan/kuljettamaan tavara ensiksi laiturille. Kuvassa 2 näkyy puutavaran purkaminen lolo – menetelmällä ja kuinka tavara joudutaan ensin purkamaan laiturille. Laivapaikka saattaa olla myös varustettu siten, että molempien lastaustapojen samanaikainen käyttö on mahdollista. Vaakatasossa kappaletavara siirretään varastoihinsa sekä jo mainittujen trukkien ja nosturien lisäksi ns. vetomestarien vetämissä vaunuissa sekä erilaisilla tarttuimilla. Kappaletavara vaatii satama-alueelta tehokkaan tavarankierron takaamiseksi suuret katetut varastohallit sekä tilaa satama-alueen liikenteen järjestämiseksi. /15/



Kuva 2. Kappaletavaran purkua lolo – menetelmällä.

2.4. Kontit

Kontit ovat suuryksiköityä tavaraa, joka on pakattu standardikokoisiin kontteihin. Mitoiltaan meriliikenteessä käytettävät kontit ovat 20 tai 40 jalkaa x 8 jalkaa x 8 jalkaa. Standardisoidut mitat mahdollistavat samojen konttien käytön ympäri maailmaa, sekä meri- että maaliikenteessä. Kontteja käsitellään satamassa normaalisti joko trukkien sekä mobile- ja konttinostureiden, tai kuten kuvassa 3, kurottajan avulla. Konttien etu perinteiseen kappaletavaraan on, ettei konttien varastoinnissa tarvita katettuja varastohalleja, vaan kontit voidaan satamassa varastoida avoimille varastokentille. Katettuja varastoja tarvitaan vain, jos kontit lastataan tai puretaan satamassa. Yleensä näin ei kuitenkaan toimita, vaan tavara toimitetaan edelleen satamasta konteissa. Muita etuja konttien käytössä on, että itse kontti suojaa tuotetta, sekä lukittuna vaikeuttaa tavaran varastamista. Lisäksi kuljetusvakuutus-maksut ovat pienemmät kuin vastaavissa muissa kuljetusmuodoissa, sekä vastaavasti kontteihin liittyvä paperityö yksinkertaisempaa. Haittapuolina voidaan pitää suuria alkuinvestointeja sekä itse kontteihin, että niiden vaatimiin järeisiin käsittelykalustoihin. Konttien tyhjänä pitäminen, sekä niiden huolto ja korjaus lisäävät kustannuksia. Jotta konttien koko kapasiteetti saataisiin tehokkaaseen käyttöön, pitäisi lastattavien tavaroiden erät olla tarpeeksi suuria sekä oikean kokoisia. /1, 15/

2.5. Nykyisten lastaustapojen puutteita

Nykyisissä satamissa vaaditaan oma laivapaikka lähes joka lastaustavalle, vaikkakin esimerkiksi lolo - ja ro-ro - menetelmät voidaan yhdistää toimimaan samassa laivapaikassa kontti- ja kappaletavaraliikenteessä. Tämä erikoistuminen vaatii useita tiloja satamalta varastointeen, kulkureitteineen, konttikenttineen jne. puhumattakaan laivapaikkojen ja niihin liittyvän kaluston (nosturit yms.) rakentamisesta, asentamisesta ja ylläpidosta aiheutuviin kuluihin. Lisäkustannuksia tulee myös tavarankäsittelyn eri vaiheissa. Lisäksi tavara joutuu usein säiden, kosteuden ja pakkasen, armoille jossain vaiheessa matkaansa. Tavara, joka on erityisen herkkää vaihteleville sääolosuhteille, esimerkiksi puutavara ja metallitavara, joille vähäkin kostuminen saattaa aiheuttaa lahoa, korroosiota jne. Huonot olosuhteet satamassa lisäksi hidastavat ja vaikeuttavat lastaus/purkutyötä näin hidastaen myös tavarankäytön siirtymistä. Luonnollisten syiden lisäksi lasti saattaa vaurioitua missä tahansa vaiheessa sen kuljetusta, joko heittelemällä lastiruumassa, jos ei kiinnityksestä ole huolehdittu riittävästi tai lastauksen/purkamisen aikana nosto- tai siirtovaiheessa. Myös varkaudet ovat ikävä ilmiö, varsinkin suurilla varastokentillä tavarankäytön riittävä vartiointi ja valvonta saattaa olla hankala tai ainakin kallis järjestää. Lukitut kontit kyllä suojaavat lastia, mutta kontin kadotessa menetetään suuri erä kerralla. Tätä seikkaa tasoitti tosin lakiuudistus, jonka myötä Suomessakin kaikki satama-alueet on aidattava sekä valvontaa tehostettava. /1,7/



Kuva 3. Kontin käsittelyä kurottajalla.

2.6. Hallissa tapahtuvan lastauksen edut

Vaikka perinteiset lastaustavat ovat vuosien varrella tehostuneet monella tavalla, on näissä vielä tiettyjä puutteita. Puutteita korjaavia, täysin uusia lastaustapoja on kuitenkin hankala keksiä ja vielä hankalampi näitä on saada korvaamaan jo olemassa olevia tapoja. Tämä vaatisi satamilta uusia investointeja ja vanhojen, kuitenkin toimivien järjestelmien purkamista. Siksi satamat pyrkivätkin etsimään investoinneilleen ratkaisuja, jotka palvelisivat tehostetusti monenlaisia käyttäjiä. Erääksi uudeksi lastaustavaksi on esitelty hallissa lastaaminen joustavan kaluston avulla.

Nykyisiin lastaustapoihin verrattuna hallissa lastaus/purkaminen on monin tavoin kannattavampaa. Kosteuden ja lämpötilan vaihteluiden aiheuttamille vaikutuksille herkäät tavarat voidaan purkaa ja lastata kuivissa sisätiloissa. Tavara voidaan myös lastata jatkokuljetukseen (rekka, juna jne.) hallin sisällä, joten tavara ei missään vaiheessa joudu sään armoille. Varsinkin Suomen talvisääoloissa tämä on huomattava etu, kun ulkona sataa lunta, sataman kentät ovat jäisiä sekä lämpötila reilusti pakkasen puolella, on lastauksen edut hallissa helppo kuvitella. Hallin rakenteisiin voidaan lisäksi asentaa erilaisia purkaimia ja nostureita, joten erikseen trukkien, mobilenostureiden jne. käyttö purku/lastausvaiheessa saadaan lähes tarpeettomaksi. Tämä taas säästää tilaa hallissa. Kenties suurin etu kuitenkin on hallissa tapahtuvan lastauksen mahdollistama nopea tavarankäyttö. Liikkuvalla siltanosturilla on mahdollista lastata/purkaa tavara nopeasti ja samalla voidaan hallin toisessa päässä jo lastata tavaraa edelleen jatkokuljetusta varten, esimerkiksi junaan tai rekkaan. Tavarankäytön nopea liikkuvuus säästää aikaa ja rahaa varastoinnin suhteen, samalla tavarankäytön katoamismahdollisuus pienenee.

3. Kokkolan sataman kehitys

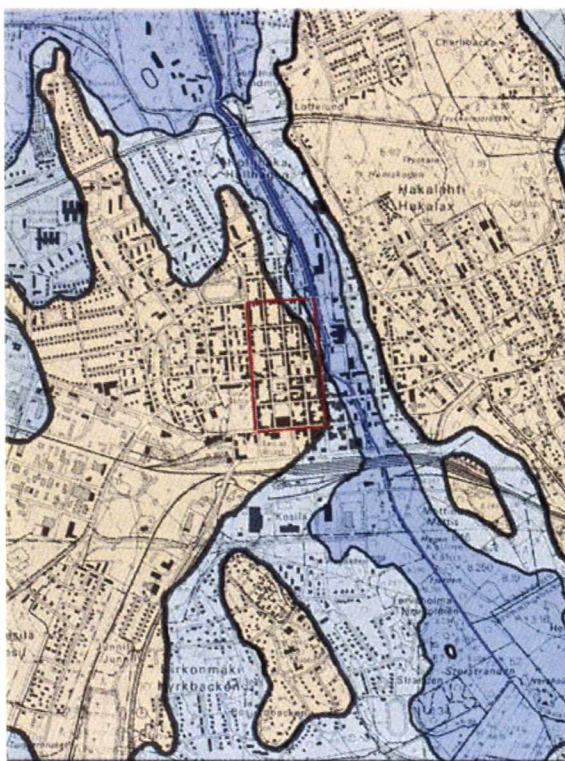
3.1. *Historia*

Ensimmäinen maininta Kokkolan satamasta historian kirjoista löytyy kärkejien yhteydestä vuodelta 1546, jolloin satama sijaitsi Kirkonmäellä, kärkejien vieressä. Todennäköisesti jo tätä ennen, 1200-luvulla oli kuitenkin jonkinlaista satamatoimintaa. Tällöin Ruotsista Pohjanmaalle saapuneiden uudisasukkaiden myötä syntyivät yhteydet Ruotsiin. Ruotsista tuotiin alijäämääseen Pohjanmaahan viljaa, kun taas toiseen suuntaan vietiin mm. kalaa, turkiksia, myöhemmin myös tervaa. Kaupankäynti pyrittiin keskiajalla keskittämään kaupunkeihin, joten talonpoikien maaseudulla harjoittama laajempi kaupankäynti oli periaatteessa laitonta. Kruununvoudit kuitenkin sallivat kaupankäynnin toimipaikoissaan, keräten satama- ja aittamaksut sekä samalla harjoittivat itse laitonta kauppaa. Ensimmäiset satamat olivatkin laittomia ja väliaikaisia. Toiminta näissä satamissa ajoittui tärkeisiin kaupankäyntitapahtumiin, kuten kärkejäpäiviin. Talonpoikaipurjehduksen kulta-aikana 1540 - 1560, kauppaa käytiin pohjoisempiin Pohjanlahden satamiin, Tukholmaan ja Mälarenille, sekä myöhemmin rahdattiin lastia kruunun laskuun Viipuriin, Narvaan, Tallinaan yms.

Saadakseen kaupankäynnin sekä laittoman talonpoikaiskaupan kontrolliin, Kustaa II Aadolf perusti useita kaupunkeja 1600-luvun alussa. Pohjanmaan taloudellinen merkitys oli tällöin noussut tervanpolton ja laivanrakennuksen myötä, joten myös Pohjanmaalle perustettiin sen ensimmäiset kaupungit. Koska talonpoikaiskauppiat olivat yhteisönsä eliittiä, on luonnollista että myös Kokkolan kaupunki perustettiin alueen johtavien kauppiaiden, Ristiranta ja Kvikantin kylien maille. Satama vakiintui Ristirannan kylän Torikadun päähän, kaupan ja hallinnon kannalta keskeisten rakennusten lähistöön. Vanha väliaikainen satamapaikka Kirkonmäellä oli tällöin jo käyttökelvoton, johtuen maankohoamisen aiheuttamasta veden madaltumisesta. Kuvasta 4 näkyy maankohoamisen vaikutus rantaviivaan Kokkolan keskustan alueella eri aikoina. Tärkeää kauppatavaraa, tervaa varastoitiin tilanpuutteen vuoksi myös kaupungin ulkopuolella, kaupunginsalmen suulla ja sen edustalla sijaitsevalla Ryövärinkarilla ja on mahdollista, että täältä suoritettiin myös lastausta.

1700-luvulla maankohoaminen tuotti jälleen ongelmia - huomattiin että laivat eivät enää kenneet purjehtimaan kaupunkiin saakka. Kaupunginsalmea yritettiin ruopatakin, mutta

toiminnot alkoivat siirtyä Ryövärinkarin ja Halkokarin suunnalle, josta tavara siirrettiin kaupunkiin lastiproomuilla. Lastiproomuja varten kaupunginsalmi pystytettiin pitämään ruoppaamalla riittävän syvänä, mutta todennäköisesti aluksia varten ei. Halkokarille muodostui seuraava toimiva satama, joskin suuremmat laivat jouduttiin matalan hiekkasärkän takia lastaamaan ja purkamaan kauempana merellä, ainakin osittain. Halkokari nimensä mukaisesti toimi myös halkovarastona, kuten myös Ryövärinkari. /3/



Kuva 4. Maankohoaminen Kokkolan keskustan alueella.

Kilpailu ulkomaisista purjehdusoikeuksista sekä merenkulun lisääntyminen 1700-luvulla kiinnitti kaupunginjohtajien huomion sataman kehittämiseen: Majakoita rakennettiin Trullögrundetilla ja Tankariin, kaupunki palkkasi vakituisia luotseja ja satama purjehdusreitteineen kartoitettiin. Ulkomaisten purjehdusoikeuksien saaminen 1765 edelleen kasvatti liikennettä Kokkolan satamassa, sillä nyt myös ympäröivien kaupunkien alusten oli suoritettava ulkomaille purjehdittaessa tullaus Kokkolassa. /3/

3.2. Ykspihlaja

Maankohoaminen aiheutti edelleen ongelmia ja kaupunkilaiset joutuivat taas etsimään uutta satamapaikkaa. Sellainen vakiintui Ykspihlajaan vuoden 1823 jälkeen, jolloin silloi-

seen talvisatamaan johtava tie kunnostettiin. Väylä tänne oli merkitty jo vuonna 1763, kuten kuva 5 samalta vuodelta osoittaa. Vaikeat liikenneyhteydet kaupunkiin kuitenkin rajoittivat sataman kehitystä. Ykspihlajaa käytettiin lähinnä mm. laivanrakennuspaikkana sekä varastona, kunnes vuonna 1868 rakennettiin ensimmäinen yhteinen laituri. Tästä sataman käyttö alkoi vilkastua. 1870-luvulla höyrylaivaliikenteen käynnistymisen myötä satamaan rakennettiin laivoja odottavia matkalaisia varten hotelli, sekä makasiineja että kauppiaiden huviloita. Sataman liikenteen kasvaminen kiinnitti kaupungin johdon huomion: 1873 alue kartoitettiin ja kaavoitettiin, hieman myöhemmin satamaan suunniteltiin hevosvetoisen raitiotien rakentamista kaupungista satamaan. Raitiotietä ei kuitenkaan toteutettu, mutta satamaan vedettiin vuonna 1878 puhelinlinja, joka oli Suomen ensimmäisiä ja samalla Euroopan pohjoisin. 1880-luvulla alkoi Ykspihlajassa tapahtua; 1880 rakennettiin ensimmäinen rantalaituri ja tullauksen vaatimat tilat. Satama-alue sai samalla valaistusta kahden lyhdyn muodossa. Tuleva rautatie toi mukanaan tarvetta uudistuksiin satamassa: 1882 laituria pidennettiin ja pakkahuone siirrettiin vanhalta paikaltaan kaupunginsalmen varrelta Ykspihlajaan.



Kuva 5. Ykspihlajajan väylä v. 1763.

Pohjanmaan rata Seinäjoelta Kokkolaan valmistui 24.10.1885. Saman vuoden huhtikuussa oli aloitettu Ykspihlajan sivuraiteen rakentaminen ja radan valmistuttua Ykspihlajaan rakennettiin myös rautatieasema. Säännöllinen matkustajaliikenne kaupunkiin toi pysyvän

asutuksen alueelle. Rautatien myötä Ykspihlajan toiminta vilkastui: 1886 rautatie sai oman laiturinsa, varastomakasiinit rakennettiin radan viereen ja rakennettiin satamakonttori. Väyliä merkattiin ja 1889 vihdoinkin valmistui Tankarin majakka, joka mahdollisti satamaan purjehtimisen myös pimeässä. Rautatie toi myös teollisuutta satamaan, kun öljy-yhtiö Nobel rakensi petrolisäiliönsä vuonna 1888. Myöhemmin satamaan nousi mm. konepaja, köysitehdas ja laivatelakka.

Maankohoamisen aiheuttamat ongelmat tulivat jälleen ajankohtaisiksi 1800-luvun lopulla, myös aaltojen aiheuttama liettyminen ja pohjalastien tyhjentäminen osaltaan mataloittivat satamaa ja sen väylää. Mataloitumista helpottaakseen kaupunki hankki oman ruoppaajan vuonna 1898, myös uuden laiturin rakentaminen vanhan rautatielaiturin pohjoispuolelle helpotti tilannetta. Uuden laiturin rakentamisen syynä tosin ei ollut mataloituminen, vaan lisääntynyt tavara- ja liikennemäärä. Samasta syystä vanhan laiturin raidemäärä lisättiin kahdesta kolmeen 1907. Sotien välisenä aikana satamaa ei suuremmin kehitetty, mainitsemisen arvoinen on ratapihan laajentaminen lahden pohjukkaan, jonne muodostui puutavaran varastoalue. Puutavara olikin vuosikymmeniä Ykspihlajan eräs tärkeimpiä vientituotteita.

Sota-aikana sataman liikenne ja kehitys lähes pysähtyi, mutta suunnitelmia syntyi tällöinkin. Vuonna 1940 nykyinen Kemira Oy teki päätöksen tehtaan rakentamisesta Kokkolaan – rikkihappo- ja superfosfaattitehtaasta oli käyty neuvotteluita jo 1930-luvulla ja sille oli varattu alue sataman aluekaavasta. Hyvä satama oli tärkeä syy tehtaan perustamiselle ja satamaa oli edelleen tarkoitus kehittää. Tehtaan toiminta käynnistyi jo 1945, mutta suurta valtion budjettia vaatinut satamahanke toteutettiin vasta 1947 - 1950. 1950 valmistui kivilaituri ja samana vuonna sataman sisääntuloväylä syvennettiin 9,25 metriin. Seuraava suurempi laajennus satamassa tapahtui 1960 -62, kun Outokumpu perusti uudelle rikkitehtaalleen oman sataman. Samalla vuosikymmenellä Esso alkoi käyttää ostamaansa aallonmurtajaa öljysatamana. 1960-luku oli muutenkin kasvukautta Kokkolan satamassa, kun – 66 kaupunki hankki ensimmäiset nosturit ja jo seuraavana vuonna satama oli auki läpi talven. Myös matkustajaliikennettä Ruotsiin koetettiin useampaan otteeseen, ensimmäisen kerran juuri 60-luvulla. Nämä yritykset eivät kuitenkaan olleet kannattavia: viimeisin matkustajalinja lakkautettiin tosin vasta 1990-luvun puolivälissä.

1972 Essolla vuokralla ollut aallonmurtaja siirtyi takaisin kaupungin hallintaan, ja seuraavana vuonna valmistui uusi öljylaituri. 1980 Kemira sai oman laiturinsa. Sataman

syvyyttä lisättiin pitkin 70- ja 80-lukuja ja vuonna 1987 väylä syvennettiin 11 metriin. 80-luvun alussa Syväsatamaa ryhdyttiin rakentamaan ja 1987 sinne valmistui uusi laituri. 1995 syväväylää ryhdyttiin jälleen ruoppaamaan ja vuonna 2000 väylä saavutti 13 metrin syvyyden, joka mahdollistaa Panamax 80 000 DWT-luokan laivojen vastaanoton Syväsatamaan. /3/

3.3. Nykyinen satama

Nykyään satama on jakautunut kahteen osaan: Syväsatamaan ja Kantasatamaan. Kanta- ja Syväsatamien välissä sijaitsevat Outokummun ja Kemiran tuotantotehtaat, joilla on myös omat laiturinsa. Satama-alueiden takana sijaitsee 100 hehtaarin alue varattuna teollisuustoiminnalle, joka vaatii sataman läheisyyttä. Kuva 6 esittää alueen järjestelyä vuodelta 2001, ilmakuva edustalla on Kantasatama, taustalla Syväsatama ja välissä näkyy osa teollisuusalueelta.



Kuva 6. Ilmakuva Kokkolan satamasta.

Kantasatama palvelee kappale-tavaraliikennettä, jonka tavanomaista lastia on sahatavara, kontit ja erilaiset projektilastit. Kantasatamassa palveli ennen AWT – projektia viisi laituria ja kahdeksan varastoa, joissa yhteensä on melkein 40 000 m² tilaa. Uusi Syväsatama puolestaan on keskittynyt palvelemaan irtotavara- ja nesteliikennettä. Varsinkin kuivan

irtotavaran ja nesteiden käsittely satamassa on tehokasta: Kuljetinjärjestelmät siirtävät tavaran suoraan junavaunusta varaston ja lastauskuljettimen kautta laivan ruumaan. Tavarantoimitusnopeus on jopa 1000 tonnia tunnissa. Satamassa on kuusi laituria ja yhteensä 30 000 m² varastotilaa viidessä eri varastossa sekä neljä 40 tonnin nivelpuominosturia.

Kun Syväsataman investoinnit saatiin valmiiksi vuosituhaten vaihteessa, oli tilanne Kokkolan satamassa irtotavaran suhteen riittävä. Syväsatamaa voitiin pitää valmiina nykyisessä tilanteessa ja liikenne onkin osaksi siirtynyt sinne. Seuraava investointien kohde oli luonnollisesti Kantasatama, jossa käsiteltävät tavarat ovat monimuotoisempia. Konttiliikenteen suuri kysynnän kasvu muualla herätti ensin kiinnostusta myös Kokkolassa, mutta kyselyt alueen teollisuuden parissa paljastivat, että kappaletavaraalle oli suurempaa kysyntää. Positiivisten kehitysnäkymien perusteella ryhdyttiin suunnittelemaan ratkaisua, joka palvelisi sekä kappaletavaraa, mutta myös konttitavaraa tarpeen vaatiessa.

4. Laitureiden suunnitteluperiaatteet

4.1. Yleistä suunnittelusta

4.1.1. Mitoitusalus

Mitoitusalus on nimellisesti alus, joka on suurin täydessä lastissa satamaa sekä sinne johtavaa väylää käyttävä alus. Tämän aluksen päämittojen ja käyttötarkoituksen (lastin) perusteella määräytyvät mm. laiturin, satama-altaan ja väylän syvyydet sekä osa muista dimensioista, välillisesti myös laiturirakenteet ja varusteet sekä näiden sijainnit. /14/ Kun mitoitusalus on valittu, voidaan myös laiturin muut päädimensiot valita sekä määrittää laituripollareiden paikat siten, että laivan kiinnitys voidaan tehokkaasti järjestää. Laiturin sekä sinne johtavan väylän syväys ei ole suoraan mitoitusaluksen kulkusyvyys: varsinaiseen vaadittavaan syvyyteen päästään vasta, kun otetaan huomioon mitoitusaluksen maksimisyväys liikkeessä, lastin epätasaisen jakautumisen aiheuttama lisäsyväys sekä levossa että lastauksen ja purkamisen aikana, allasheilahteluiden aiheuttamat painumat, vedenpinnan korkeuden vaihtelut sekä varat mahdollisten liettymien, että harauksessa tapahtuvien epätarkkuuksien varalta. /2/ Laiturin suunnittelussa on otettava huomioon myös muut sitä jo tiedettävästi sekä mahdollisesti tulevaisuudessa käyttävät laivat.

4.1.2. Laituripaikan valinta

Kun rakennetaan laituria jo olemassa olevaan satamaan, on laiturin paikan valinnalla tavallisesti rajoituksia. Yleisesti voidaan sanoa, että laiturin paikka määräytyy taloudellisten seikkojen perusteella. Fyysiset olosuhteet vaikuttavat sekä rakennuskustannuksiin, että käyttökustannuksiin ja logistiset seikat vaikuttavat lähinnä käyttökustannuksiin. Koska suurin osa sataman kustannuksista liittyy nopeaan lastin käsittelyyn, on laiturin paikka valittava siten, että liikenneyhteydet, varastotilat sekä työskentely alueella on mahdollista järjestää tehokkaasti. /2/ Onkin tavallista, että laiturin paikkaa valittaessa konsultoidaan sataman eri käyttäjiä: ahtausliikkeitä, laivayhtiöitä, luotseja jne. Laituripaikka syntyy lopulta käyttäjien toiveiden ja alueellisten olosuhteiden kompromissina.

Liikenneyhteydet satamaan ovat yleensä jo valmiina, laiturille ja sen varastoihin on oltava satamaan johtavilta tie/rautatieväyliltä nopea ja tehokas reitti. Alueella kulkevilla työkoneilla

on oltava myös riittävä, esteetön työtila. Myös laivoilla on oltava riittävä väylä laiturille varsinaiselta väylältä. Laiturin välittömässä läheisyydessä on oltava mitoitusalukselle riittävän suuri kääntöallas. Tällä alueella laiva suorittaa tarvittavat navigointitoimenpiteet saapuakseen laituriin tai poistuakseen siitä väylälle. /14/

Laituripaikan valinnalla voidaan myös vaikuttaa suuresti rakennuskustannuksiin. Kun sataman alueelta on olemassa riittävän kattavat pohjatutkimustiedot, voidaan laiturin paikkaa optimoida. Kun laiturin paikka valitaan pohjaolosuhteiden kannalta oikein, on mahdollista maan käsittelyä – kallion louhintaa, ruoppausta ja läjitystä – mahdollisimman vähän. Suoraan tarpeeksi kantavalle maalle tai kalliolle rakentaminen vähentää myös perustusten massaa, mahdollisia painumia sekä laiturille, että sen taustalla. Käytön ja rakentamisen kannalta laiturin paikka tulisi olla mahdollisimman suojassa tuulelta, aalloilta, virtauksilta ja jäältä. Kun voidaan käyttää saaria, niemiä ja muita luonnollisia suojia suojaamaan laituria, voidaan välttyä keinotekoisien aallonmurtajien rakennuskustannuksilta. Laiturin paikkaa valitessa tulisi lisäksi ottaa huomioon mahdollinen liettyminen – jos laituri sijaitsee paikalla, jonne liettyy jatkuvasti virran mukana tulevaa savea, hiekkaa jne. joudutaan väylää ja allasta ruoppaamaan usein.

4.1.3. Suunnittelu ja rakentaminen

Koska satamarakenteiden mitoittamiseen Suomessa ei ole varsinaisia viranomaisnormeja tai – ohjeita, on rakenteiden mitoituksessa käytettävä apuna muita vastaavia ohjeita. Yleiset rakentamisen ohjeet ja normit, kuten Suomen Rakennusinsinööriliiton ohjeet sekä Suomen rakentamismääräykset ovat luonnollisesti käytössä ja voimassa. Tämän lisäksi mitoituksessa käytetään apuna mm. Tiehallinnon ohjeita sillanrakennukseen, erilaisia valmistajien sekä yhdistysten toimittamia ohjeita, jotka koskevat käytettäviä materiaaleja, rakenneosia ja yksityiskohtia sekä erilaisia varusteita. Yleisesti ottaen mitoitus kannattaa tehdä ns. varmalle puolelle, koska laiturin kaikista käyttökuormista ei ole usein tarkkoja tietoja. Laiturien rakenteet ovat muutenkin niin järeitä, ettei vähä säästäminen materiaaleissa ja rakentamisessa tuo suurtakaan taloudellista hyötyä.

Rakenteiden suunnitteluun ja mitoittamiseen vaikuttavat mitoituskuormien sekä teknisten vaatimusten lisäksi lähinnä taloudelliset seikat. Rakennustöiden suorittamiseen voidaan vaikuttaa suuresti jo suunnitteluvaiheessa, esimerkiksi pyrkimällä helposti toistettaviin sekä usein toistuviin rakenteisiin säästetään helposti aikaa rakennusvaiheessa, työn ollessa

tuttua rutiinia. Joidenkin töiden onnistuminen on helpompaa tietyllä rakennustavalla, esimerkkinä betonirakenteiden elementti/paikallavalu, tähänkin voidaan vaikuttaa jo suunnittelupöydällä. Paikalliset olosuhteet vaikuttavat rakennustöihin, mutta myös materiaalien ja työvoiman saatavuuteen. Näistä lähinnä materiaalien valintaan voidaan vaikuttaa suunnitteluvaiheessa, tällä onkin suuri merkitys rakenteen loppuhintaan, laituri-rakenteiden massamäärät kun ovat suuria. Kaluston ja pätevän työvoiman saatavuus saattaa vaikuttaa myös suunnitteluun, mutta tätä voidaan suuresti kompensoida oikeiden työmenetelmien valinnalla.

Rakennustyöt satamissa vaativat hyvää suunnittelua ja kokemusta. Tavanomaisiin rakennusprojekteihin erona on jatkuva kosketus veden kanssa, ja jo tämä aiheuttaa työmenetelmiin ja materiaaleihin omat erikoisvaatimuksensa. Lisänsä työskentelyyn tuovat meren äärellä puhaltavat tuulet, säänvaihtelut ja erityisesti talvi. Talvella voi olla myös omat hyötypuolensa, kuten jään päältä työskentely: Kun esimerkiksi jään päältä päästään paaluttamaan, säästetään vastaavasti kustannuksissa, kun lauttaa ei tarvita paikalla. Yleensä ottaen talvi kuitenkin vaikeuttaa sataman rakennustöitä, eikä kaikkia töitä voida edes tehdä talvella. Siksi laiturin rakennusurakat pyritäänkin pääosion aloittamaan keväällä roudan sulettua ja viemään läpi mahdollisimman pitkälle kesän aikana.

4.2. Materiaalit

4.2.1. Teräsbetoni

Laitureiden tavallisten betonirakenteiden, joita tavallisesti ovat mm. tukimuurit, kansi-rakenteet sekä nosturiratojen perustukset, suunnittelussa ja työnsuorituksessa noudatetaan vastaavia 2-luokan ohjeita. Ympäristöolosuhteet satamassa katsotaan olevan vaikeita rakenteiden ollessa jatkuvassa kosketuksessa meriveden kanssa, sekä alltiina pakkaselle. Betonirakenteet katsotaan kuuluvan siis ympäristöluokkaan Y1, jonka edellyttämät vaatimukset rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon. Laituri-rakenteiden suunnittelussa pyritään 50 vuoden käyttöikään, mikä pitää ottaa myös huomioon betonilaatuja valittaessa. /4/

Kaikki rakenteet pyritään tekemään riittävän lujuusluokan omaavasta betonista. Normien vaatima vedenpitävyys ympäristöluokan Y1 rakenteille saadaan aikaan käyttämällä betonissa oikeaa vesi-sementtisuhdetta, joka otetaan huomioon betonin suhteuttamisessa.

Kaikki tason -2,5 yläpuoliset rakenteet tehdään säänkestävästä betonista, jonka pakkasenkestävyys on luokkaa P30. Tämä saadaan aikaiseksi sopivalla lisähuokoistusmenetelmällä, jolla saadaan aikaan betoniin sopiva ilmamäärä. Betonin riittävä lujuusluokka ennaltaehkäisee myös pakkas- ja muita kulumisvaurioita. /6/

Työssä käytettävä betonia voi olla joko tehdasbetonia tai työmaalla valmistettua, kunhan sen saanti on jatkuvaa. Betonin ominaisuuksien varmistamiseksi tehdään riittävä määrä ennakkokokeita sekä työn aikaisia kokeita. Ennakkokokeilla selvitetään ainakin betonin puristuslujuus, ilmavesisuhde ja suojahuokossuhde, työn aikana betonin laatua seurataan. Betoninormien sekä Tiehallinnon laatuvaatimusten SYI3 mukaisesti.

Teräsbetonirakenteissa käytettävät betoniteräokset ovat tavallista laatua A500HW. Koska betonirakenteet ovat kaikki suorassa kosketuksessa maan tai veden kanssa, käytetään betoniteräksiä suojaavan betonikerroksen paksuutena normien mukaista 50mm, josta sallitaan poikkeamaa ± 10 mm. /4/

4.2.2. Teräokset

Tavallisimpia teräksisiä laiturirakenteita ja – varusteita ovat mm:

- teräksiset paalut, putket ja pontit
- reunateräokset ja kaiteet
- pollarien, laituriportaiden, fendereiden ja suojaparrujen teräosat
- kiinnityslevyt ja - latat sekä kiintopistepultit
- sadevesi-, palovesi- ja viemärikaivojen teräosat

Kantavat teräsrakenteet ylimitoitetaan korroosiolle 50 vuoden käyttöikää silmälläpitäen soveltamalla esimerkiksi Suurpaalutusohjeen SPO2001 taulukkoa ylimitoitukselle. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää esim. katodista suojausta. /16/

Ylimitoitusvaran lisäksi teräosat usein pintakäsitellään. Betonin ulkopuolisilta osiltaan (suojaus ulotetaan betonin sisään 10...30 mm) teräsrakenteet maalataan suojamaaleilla, pultit, mutterit, naulat, ruuvit, aluslevyt ja kaideteräosat suojataan kuumasinkityksellä tai elektrolyyttisesti. Tarvittaessa kulunut maalikerros maalataan uudestaan. Tällöin ylimitoitustarvetta voidaan tapauskohtaisesti harkita. Teräslaadut osoitetaan oikeiksi tehtaan aineodistuksin.

Taulukko 1. Teräspaalun ylimitoitus korroosion suhteen /16/

Vesialue			Maa-alue	
Vyöhyke	Ylimitoitus [mm]		Vyöhyke	Ylimitoitus [mm]
	Meri	Sisävesi		
> HW+1,5	4	3	Maanpinta+1,0	3
HW+1,5... NW-1,5	10	6	Maanpinta+1,0... HW+1,0	4
NW-1,5... Pohja-1,5	4	3	HW+1,0...NW-1,0	4
<Vesistön pohja-1,5	2	2	<NW-1,0	2

4.2.3. Täyttömateriaalit

Koska käyttökelpoisten materiaalien hinnasta suuri osa koostuu kuljetuskustannuksista, pyritään täyttömaat tuomaan aina mahdollisimman läheltä. Ihanteellisinta olisi, jos kaikki tarvittava materiaali saataisiin esimerkiksi väylän ja satama-altaan ruoppauksista. Yleensä näin ei kuitenkaan ole, vaan meren pohjasta ruopattava materiaali on pääosin savea tai muuta laiturin täyttöihin kelpaamatonta materiaalia. Tämä maa-aines pyritään usein käyttämään esim. taustakentän täyttämiseen, mutta usein huonolaatuinen maa-aines joudutaan läjittämään erilliselle alueelle. Koska sekä soveltuvan materiaalin otolle, että soveltumattoman materiaalin läjitykselle on tiukat määräykset, rajoittuvat vaihtoehdot näiltä osin usein vähiin. Jäljelle jääneistä vaihtoehdoista etsitään taloudellisin, sillä käsiteltävien maamassojen määrät ovat suuret, kuten myös käsittelyyn liittyvät kustannukset. Oman lisänsä tuovat ns. vanhan teollisuuden alueilla joskus löydettävät pilaantuneet maat. Myrkyllisten aineiden leviämisen estämiseksi, jo näiden käsittelyssä on noudatettava tiettyjä kriteereitä. Tällöin myös lisäkustannukset saattavat muodostua huomattaviksi.

Laiturin taustatäyttöihin sekä vesialueiden täyttöihin soveltuvan maan tulee olla karkearakeista hiekkaa, soraa, moreenia tai louhetta. Tällä ehkäistään laiturirakenteen siirtymiä ja taustan painumia, jotka saattavat haitata laiturin käyttöä. Maan hieno-ainespitoisuus tulee olla korkeintaan 20 paino-%, eikä täyttöön saa käyttää maita, jotka sisältävät orgaanisia aineita. Täyttömateriaalin tulee lisäksi olla sulaa, eikä sen seassa saa olla lunta tai jäätä.

4.3. Laiturirakenteet

4.3.1. Rantalaituri

Rantalaiturin tehtävänä on tarjota laivalle paikka, jossa se voidaan purkaa/lastata. Tätä varten rantalaiturilla on oltava riittävästi tilaa takana sekä kantavuutta, jotta laivaa palvelevat työkonet voivat turvallisesti toimia ja väliaikaisesti säilytettävää lastia voidaan varastoida taustalla. Laivan vastaanottamiseksi ja kiinnittämiseksi rantalaituri varustetaan myös pollareilla, fendereillä sekä muilla vaadittavilla varusteilla. Laiturin tausta täytetään tarvittaessa sopivalla materiaalilla kenttäalueen rakentamiseksi. Jos rantalaiturin linja halutaan jostain syystä rantaviivaa ulommaksi, voidaan rantalaiturin yhteyteen rakentaa tihtaaleja tai vastaavasti kiinnittää laivat rannalle perustettaviin pollareihin. Esimerkki tällaisesta rantalaiturista on kuvassa 7, jossa matkustajalaiva kiinnitetään rannalle vanhaan pollarirakenteeseen, mutta itse laiva seisoo uuteen teräspuikurakenteeseen nojautuen.



Kuva 7. Matkustajaterminaalien rantalaituri.

Rantalaiturin rakennetyypin määräävät pääosin pohjaolosuhteet. Kun kantava pohja on tarpeeksi pinnassa, on usein teknistaloudellisesti kannattavinta perustaa rantalaituri

gravitaatorakenteena, jossa perustuksen päälle rakennetaan laiturimuuri. Gravitaatorakenne voi olla kasuunirakenne, massiivinen tukimuuri tai elementeistä rakennettu tukiseinä. Kun taas kantava pohja on syvällä, tulisi gravitaatorakenteesta liian massiivinen, että se olisi taloudellisesti kannattavaa. Tällöin tulevat kyseen erilaiset paaluratkaisut. Paalurakenne voi olla myös avoin, jolloin varsinainen laiturin kansirakenne seisoo pelkästään paalujen päällä. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin usein paalujen mahdollinen korroosio ja laiturin alla olevan maan eroosio. Yleensä käytetäänkin paalurakenteen yhteydessä ponttiseinää, jonka tarkoitus on tehdä tiivis, suljettu rakenne. Tällöin vältetään avoimen rakenteiden ongelmilta, lisäksi riittävän järeällä paalu/ponttirakenteella on mahdollista jättää laiturin tausta paaluttamatta.

4.3.2. Pistolaituri

Pistolaituri soveltuu irtotavaran käsittelyyn ja pelkäksi laivapaikaksi. Päinvastoin kuin rantalaituri, pistolaituri on yleensä rantaa vasten kohtisuorassa. Siten sillä ei ole taustakenttää, josta laiva voidaan lastata tai johon se voidaan purkaa. Pistolaiturilla ei yleensä ole tarkoitus varastoida lastia. Laituriosaa ei siis myöskään mitoiteta näille kuormille. Tästä syystä pistolaiturirakenteet ovat usein kevyitä, laivat saadaan purettua ja lastattua putkistojen ja hihnojen avulla. Pistolaiturin molemmat puolet voidaan varustaa laivapaikoilla, jolloin saavutetaan yhdellä rakenteella kaksi laivapaikkaa. Riittävä tuki sivuttaiskuormille on siksi varmistettava molempiin suuntiin, pistolaiturilla kun ei ole passiivista maanpainetta tukemassa laiturirakennetta. Sivuttaistuki saadaan aikaiseksi pohjaolosuhteista riippuen esim. syvään perustettaessa vinopaaluilla. Kuva 8 esittää pistolaituria, joka muodostuu paaluilla perustetuista tihtaaleista, joita yhdistävät teräksinen kävelysilta. Gravitaatorakenteelle saadaan tarpeeksi painoa sivuttaiskuormien vastaanottamiseksi, kun se täytetään. Täyttömaa ja yhtenäinen kansirakenne jakavat suuretkin kuormat riittävän suurelle alueelle, jolloin rakenteen stabiilitetti säilyy.

4.3.3. Tihtaalit

Tihtaalit ovat varsinaisen laiturirakenteen ulkopuolisia rakenteita ja tarjoavat laivalle laiturin ulkopuoleisen kiinnityspaikan. Tihtaaleita käytetäänkin useimmiten rantalaitureissa, joissa lastaus/purku suoritetaan esimerkiksi hihnojen/putkistojen avulla. Tällöin ei tarvita laiturilla tilaa suurille työkoneille, eikä välttämällä taustalla varastokentille ja säästetään rahaa rakennuskustannuksissa. Tihtaalit liitetään varsinaiseen laiturirakenteeseen yleensä

kevyellä yhdyssillalla, jota pitkin päästään kiinnittämään ja irrottamaan laivan köydet, sekä tarvittaessa huoltamaan rakenteita.

Tihtaalit voidaan perustaa paaluilla tai kasuunimaisten gravitaatorakenteiden varaan, riippuen pohjaolosuhteista ja kiinnitysvoimista. Tihtaaleilla on oltava riittävä stabiilitetti kaikissa toiminnan aikaisissa tilanteissa. Kuten pistolaiturillakin, tämä saadaan aikaan vinopaaluilla tai riittävän painon omaavalla gravitaatorakenteella. Tihtaalien perusrakenteiden päälle valetaan paikallaan kansirakenne, johon asennetaan kiinteästi laivan kannalta tarpeelliset varusteet, kuten pollarit sekä fenderit.



Kuva 8. Kevytrakenteinen pistolaituri.

4.3.4. Johderakenne

Johderakenteen pääasiallinen tehtävä on, nimensä mukaisesti, avustaa/johtaa laiva laituriin. Jottei laiva laituriin ajaessaan tulisi esimerkiksi liian lujaa tai jyrkässä kulmassa ja samalla rikkoisi laiturirakenteita, voidaan sen vastaanottoa tarvittaessa avustaa ulkopuoleisella johderakenteella. Tähän pysähtyttyään laiva voidaan hallitusti ja laiturin suuntaisesti turvallisesti tuoda sisään halliin. Johderakenne varustetaan myös pollareilla, joten tarvittaessa laivaa voidaan myös seisottaa johderakenteen avulla, joskaan lastausta/purkua johderakenteen päältä ei voida suoraan suorittaa.

Johderakenteelta vaaditaan riittävästi stabiilitettia sekä rakenteellista kestävyyttä

ottamaan laiva ja muut sitä rasittavat kuormat vastaan. Koska johderakenteen päältä ei suoriteta kuorman käsittelyä, voidaan se usein toteuttaa kevyenä rakenteena. Sivuttaistuki on tässäkin tapauksessa mitoitettava laivan aiheuttamille vaakakuormille. Johderakenne ei myöskään tarvitse taustakenttää. Riippuen laiturin järjestelyistä ja sitä käyttävistä aluksista, johderakenne voi olla paalu- tai gravitaatorakenne tai kevyimmillään uloke.

4.3.5. Kansirakenne

Kansirakenne valetaan betonista laiturin perustusrakenteen sekä mahdollisen täytön päälle ja se on ainoa varsinaisesti laiturirakenteesta näkyviin jäävä osa. Kannella nostetaan laituri halutulle tasolle. Kansirakenteeseen asennetaan myös lähes kaikki laiturin varusteet, näitä varten on siis jätettävä tarvittavat varaukset ja vahvistukset. Kansirakenteen mitoitus suoritetaan ensisijaisesti laituritasoa mahdollisesti kuormittavien nosturien sekä lastin aiheuttamia rasituksia vastaan. Nämä kuormat, varsinkin esim. nosturin pyörä/telikuormat saattavat olla suuria ja pistemäisiä. Kansirakenteella voidaan jakaa näitä kuormia tasaisesti perustusrakenteille, ettei näitä tarvita edelleen vahvistaa pistemäisiä kuormia vastaan. Myös varusteiden, kuten pollareiden sekä fendereiden, liittymiset kansirakenteen on vahvistettava lisäteräksin alukselta tulevia kuormia vastaan.

4.4. Varusteet

4.4.1. Fenderit

Fendereiden tarkoitus on vastaanottaa kaikenkokoiset terminaalia käyttävät laivat laituriin turvallisesti normaaliolosuhteissa. Turvallisuus koskee laivaa, laituria ja itse fenderiyksiköitä. Näiden välinen matka määräytyykin sen mukaan, ettei teräväkeulaisenaan laivan kärki yletä normaalille tulokulmalla ja –nopeudella itse laiturirakenteeseen, vaan pysähtyy fendereihin. Fendereinä toimivat monenlaiset ratkaisut, esimerkiksi auton renkaita on käytetty paljon, yksinkertaisimmillaan pienillä laivoille ja veneille riittää puuparrut. Nykyaikaisen fenderit, jotka valmistetaan joustavasti kumista, asennetaan laiturin seinämiin kiinteästi teräspulteilla. Yläpinnat varustetaan kitkaa vähentävällä ja kulutusta kestävällä PE-kilvellä tai levyllä. Peruspultit mitoitetaan normaalisti materiaalivarmuuksille ja kestäämään laivan fendereihin aiheuttamat käyttörasitukset. Pulttien tulee varusteineen olla ruostumatonta terästä tai kuumasinkittyjä betonin ulkopuolisilta osiltaan.

Itse fendereiden valintaan vaikuttaa monia seikkoja: Näiden on sovittava mitoitusalukselle, eli vaimennettava tämän liike-energia, joka laivalla on saapuessaan laituriin. Fenderit on sovittava myös lähitulevaisuudessa kenties laituria käyttäville laivoille. Myös tapa, jolla alukset saapuvat laituriin, vaikuttaa fendereiden valinnassa. Fendereiden on sovittava kyseessä olevaan laituriin/satamaan, oli kyse sitten alueellisista olosuhteista, paikallisesta käytännöstä ja tai itse fendereiden saatavuudesta. Asennuksen ja huollon helppous säästävät myöhemmin aikaa ja rahaa, kun fenderiyksiköitä joudutaan huoltamaan tai mahdollisesti uusimaan.

Kova käyttö sekä vaihtelevat luonnonolot asettavat myös kumimateriaalille useita vaatimuksia: normaalien lujuus/muodonmuutosominaisuuksien lisäksi kumin on kestävä kulumista, lämpötilan suuria vaihteluita, merivettä, aurinkoa, öljyä, otsonia jne., samalla säilyttäen mekaaniset ominaisuutensa. Fendereiden lisänä laituri/laivaa voidaan suojata reunamuurin tasolla suojaparruilla ja – lankuilla, jotka tehdään painekyllästetystä puutavarasta. Fendereiden, suojaparrujen ja muidenkin varusteiden mitoitusta pyritään porrastamaan siten, että onnettomuuden sattuessa ensiksi rikkoutuisi halpa ja vaihdettava varuste, vasta sitten rakenne, joka on kallis korjata.

4.4.2. Pollarit

Pollareiden tarkoitus on pitää laiva köysin laituriin kiinnitettynä. Pollarit voidaan valmistaa esimerkiksi valuraudasta tai teräsputkista. Pollarit valetaan kiinni betonirakenteisiin. Pollarit sekä niiden kiinnitykset mitoitetaan kestämaan laivan köysien niille aiheuttamat rasitukset. Pollarit on myös mahdollista varustaa siten, että niihin saadaan asennettua sähkö- ja puhelinkoskettimet. Pollarit varusteineen maalataan korroosiota ehkäisevällä suoja-maalilla. Useimmat laivat kiinnitetään pollareihin keulastaan ja perästään, mutta koska laitureita käyttävät useat eri laivat, varustetaan yleensä koko laituriolosuhteet pollareilla tasaisin välein. Kuvassa 9 on esillä tavanomainen järjestely pollareiden ja muiden laiturivarusteiden osalta rantalaiturissa.

4.4.3. Kiinteät nosturit ja kuljettimet

Laiturin nosto- ja kuljetinkalusto määräytyy sen käyttötarkoituksen mukaan. Nykyisissä laitureissa on tavallista, että laiturilla on oltava ainakin valmiudet rakentaa ja ottaa käyttöön kiinteä lastinkäsittelyjärjestelmä. Irtotavaralla tämä tarkoittaa erilaisia hihnoja ja putkistoja,

muita, etenkin konttitavaraa käsiteltäessä kysymykseen tulee kiinteät satamanosturit. Nämä järeät nosturit ovat radalla toimivia, nopeita ja tehokkaita. Nostureita varten laiturit varustetaan nosturiradalla kiskoineen, sekä näiden perustuksilla. Kuljettimet vaativat myös usein anturamaiset perustukset laiturilla. Perustukset saattavat aiheuttaa myös laiturirakenteeseen lisärasituksia, esimerkiksi nosturikiskon perustukset saatetaan kiinteästi liittää laiturimuuriin. Tällöin näiden rakenteiden kuormat on johdettava perusmaahan laituriperustusten kautta ja myös nämä kuormat on huomioitava perustuksia mitoitettaessa.



Kuva 9. Tavanomainen laiturivarusteiden järjestely.

4.4.4. Pelastus- ja turvalaitteet

Laiturit varustetaan portailla ja pelastusvälineillä onnettomuuksien, lähinnä veteenputoamisten varalta. Kiinteät laituriportaat tehdään teräksestä ja teräsosat suojamaalataan. Porrasmateriaalilta vaaditaan kestävyyttä mm. portaisiin kiinni tarttuneiden jäälauttojen varalta. Portaiden sijoittelussa pyritään siihen, että niiden välinen etäisyys olisi välillä n. 50 – 60 metriä, eli normaalin uimataidon sisällä. Laiturin reunaan asennetaan suojateräs, joka toimii sekä vierintäesteenä, jalkasuojuksena, että

suojaverkkojen kiinnikkeenä. Laiturit varustetaan myös riittävällä määrällä pelastusvälineitä. Nämä sijoitetaan laiturille myös sopivin välimatkoin siten, että ne ovat tarvittaessa helposti saatavilla. Pelastusvälineisiin kuuluvat pelastushaka ja – rengas sekä heittoköysi painoineen, joilla voidaan avustaa laiturilta käsin veden varaan joutuneiden pelastamista.

4.5. Laiturin alueet

4.5.1. Taustakenttä

Useimmat lastaustavat vaativat laiturilta jonkinlaista varastokenttää. Varastointi kentällä on lyhytaikaista, sillä lasti pyritään liikuttamaan mahdollisimman nopeasti jo taloudellisista syistä, lisäksi monet tavarat saattavat kärsiä pidemmästä ulkona seisottamisesta. Kenttä voi olla välittömästi laiturin takana tai hieman kauempana, satama-alueen kootulla varastokentällä.

Varastokenttien suunnittelussa otetaan ensisijaisesti huomioon kentällä varastoitavan tavarain paino ja määrä. Varsinkin kun kenttien pinta-ala saattaa olla huomattava ja kuormat suuret, tulee kentän perustamiseen kiinnittää suurta huomiota. Painumat eivät saa muodostua niin suuriksi, että niistä olisi haittaa satamaliikenteelle taikka kuivatusjärjestelmälle. Suurten kenttien perustaminen kantavilla materiaaleilla, kuten louheella tai murskeella saattaa tulla turhan kalliiksi ja materiaalien riittävä saanti voi olla ongelmallista. Usein käytetäänkin jotain pohjavahvistusmenetelmää ja kentän perusmaa voi olla esimerkiksi laituri- ja väyläruoppauksista saatavia ylimääräisiä maamassoja. Suunnittelussa on myös huomioitava kentän kuivatus ja routasuojaus. Nämä mitoitetään tavallisten aluerakentamisen periaatteiden mukaisesti.

4.5.2. Väylä ja altaat

Laiturin sekä sinne johtavan väylän syväys määräytyy mitoitusaluksen perusteella. Väylän syvyys ei ole kuitenkaan suoraan mitoitusaluksen kulkusyvyys: varsinaiseen vaadittavaan syvyyteen päästään vasta, kun otetaan huomioon mitoitusaluksen kyseisillä olosuhteilla vaatima varavesi. Varavesi koostuu seuraavista seikoista: maksimisyväys liikkeessä, lastin epätasaisen jakautumisen aiheuttama lisäsyväys sekä levossa että lastauksen ja purkamisen aikana, allasheilahteluiden aiheuttamat painumat, vedenpinnan korkeuden vaihtelut sekä varat mahdollisten liettymien, että harauksessa tapahtuvien epätark-

kuuksien varalta. Koska kaikkien vaikuttavien asioiden tarkka määrittäminen on jokseenkin mahdotonta, varavesi lasketaan ns. varmalle puolelle. Suomessa noudatetaan seuraavia minimivaraveden suosituksia kulkusyvyydestä laskettuna:

- satamat, tuloväylät ja muut alhaista nopeutta edellyttävät kanavat 10 %, min 0,6 m
- aallokolta suojaiset osuudet 15 %, min 1,5 m
- avomeri 20 %, min 2,0 m

Väylän leveyttä määritettäessä puolestaan otetaan huomioon aluksesta sen leveyden lisäksi nopeudesta riippuvat navigointiepätarkkuudet. Sorto leventää navigointikaistaa, kun laiva joutuu aallokon, tuulen tai virtausten vaikutuksen alaisena kulkemaan kulkusuuntaansa nähden vinossa. Tahaton mutkailu johtuu puolestaan näitten alukseen vaikuttavien voimien jatkuvasta muuttumisesta. Myöskään laivan paikanmäärittäminen ei ole aivan tarkkaa. Navigointivirheiden lisäksi väylään jätetään tietty vara luiskan ja mahdollisen väylän toisen navigointikaistan väliin. Nämä varat pidetään riittävän suurina, etteivät luiskan tai toisen aluksen väliin jäävät virtaukset häiriinny ja siten vaikeuta ohjausta.

Kaarteet ovat aina riski väylillä. Siksi niitä on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä välttämään. Silloin kun niitä on, ne on suunniteltava siten, että ne ovat mahdollisimman loivia, kaukana toisistaan sekä mahdollisimman vapailla vesialueilla. Lisäksi kaarteiden yhteydessä väylää levennetään ja kaarteet merkitään.

Satama-alueilla, joissa laivojen nopeudet ovat pieniä, väyläsyvyudet ja – leveydet sekä kaarteet eivät välttämättä vaadi yhtä paljon varaa. Sen sijaan satamissa, joissa esim. aallonmurtajat muodostavat kapean sisääntuloväylän, on tämä aukko suunnattava siten, etteivät virtauksen, jäät ja aallot haittaa alusten ohjausta. Satama-altaissa merenkäynti on yleensä pientä, mutta näiden vedenpinnan korkeuden vaihtelu saattaa olla suurta. Kääntöaltaissa, joissa nimensä mukaisesti laiva kääntyy, täytyy olla riittävästi tilaa mitoitusaluksen kääntämiseen eri olosuhteissa. Parhaiten ”riittävän tilan” määrittämiseen kykenevät yleensä luotsit ja laivan käyttäjät. Kääntöaltaan minimimitat ovat Suomen rakennusinsinöörien liiton RIL 165-2 mukaan: /2/

- 1,1...1,2 kertaa laivan pituus, kun laiva käännetään hinaajan avulla keula kiinni
- 1,5...2,0 kertaa laivan pituus, kun laiva käännetään hinaajan avulla vapaana
- 2,0...4,0 kertaa laivan pituus, kun laiva kääntyy ilman hinaajaa vapaassa altaassa

4.5.3. Eroosiosuojaus

Satamassa eroosiota tapahtuu monella tavalla. Virtaava vesi, tuuli, jää sekä aallokko kuljettavat luonnostaan maapartikkeleita, satamissa eroosiota kiihdyttää ennestäänkin vesiliikenteen aiheuttamat virtaukset. /15/ Laiturin edustalla potkurivirtaukset ovat erityisen suuria laivan lähtiessä laiturista ja tarpeeksi jatkuessaan eroosio saattaa vaarantaa koko laiturirakenteen vakavuuden. Erityisesti ongelma korostuu gravitaatorakenteisissa laitureissa, kun eroosio saattaa ulottua jopa laiturirakenteen alle. Paaluilla perustetuilla laitureilla ongelma ei ole niin kriittinen. Tällöinkin tosin avoin rakenne altistaa laiturin alustan eroosiolle.

Eroosion varalta gravitaatorakenteisten laituriin edustat varustetaan eroosiosuojalla. Suojaus koostuu tavallisesti kuivilla valettavista, paikalleen nostettavista teräsbetonisista lokeroitipalkeista, joissa on myös tartuntoja näiden väliin uppovaluna valettavalle betonille. Lokeroitipalkkien tarkoitus on helpottaa uppovalutyötä sekä varmistaa laatan pysyvyys ja tasaisuus. Laatan tasaisuutta ja ehjyyttä varmistetaan valamalla se murskeella tasatulle pohjalle. Koko eroosiolaatan on oltava tarpeeksi paksu, että sillä on tarpeeksi painoa pysyäksään paikalla ja että sen riittävästä suojasta voidaan varmistua. Laatan yläpinta ei miltei osin saa ulottua tulevan haraustason yläpuolelle. Valettu valmis eroosiosuojalaatta toimii myös osittain laituria tukevana rakenteena, joskin sen merkitys on varsin pieni.

Myös avoimissa paalulaitureissa ja muissa täytetyissä pengerluiskissa eroosiosuojaus voidaan järjestää betonilaatalla. Tavallisempaa näissä tapauksissa on kuitenkin suojata luiska riittävällä suojalohkarekerroksilla (tai betonisilla tetrapodeilla ulkomailla). Suojalohkareiden on oltava riittävän suuria ja painavia, sekä näiden alla on oltava riittävät suodatinkerrokset muun täyttömateriaalin huuhtoutumisen estämiseksi.

5. AW–terminaalin suunnittelu

5.1. *Terminaalin paikan valinta*

Kokkolan AW–terminaalin sijoituspaikan valinnassa käytiin läpi useita vaihtoehtoja. Syväsatama oli jo yhtenäiseksi rakennettu ja terminaalin rakentaminen sinne olisi saattanut sotkea toimivia liikenneyhteyksiä. Syväsataman pohjaolosuhteetkaan eivät olisi olleet kovin otolliset, kantavat maakerrokset ovat paikoin jopa tason -25,0 alapuolella. Kantasatamassa oli sen sijaan tilaa, mm. laaja pääosin hiekalla täytetty ja lähes käyttämätön kenttäalue kivilaiturin pohjoispuolella. Maaliikenteen yhteydet oli helposti järjestettävissä. Myös pohjaolosuhteiltaan Kantasatama oli parempi vaihtoehto, kantava pohja oli huomattavasti lähempänä maanpintaa. Lisäksi oli kaksi vanhaa laituria, kivilaituri ja rautatielaituri, jotka toimivat laitureina sataman hinaajille ja kevyinä laivapaikkoina. Varsinaiseen lastaustoimintaan nämä laiturit eivät enää kuitenkaan soveltuneet.

Alun perin AWT:n laiturin paikkaa suunniteltiin juuri kivilaiturin pohjoispuolelle, jolloin rantalaiturin linjaa jatkamalla ja kääntämällä olisi saatu myös tilaa kahdelle uudelle ro-ro – laivapaikalle. Rautatielaiturin ja kivilaiturin välinen allas olisi täytetty. Tämän vaihtoehdon pohjana oli ajatus, että laiturirakenteet saataisiin tehtyä kuivatyönä patoamalla kenttään kaivettava allas. Vaihtoehdossa käsiteltiin samalla ideaa, että allasta olisi voitu käyttää ensin tuulivoimaloiden kasuuniperustusten rakennuspaikkana. Altaasta kasuunit olisi voitu uittaa paikoilleen, kuten oli myös aikaisemmin ko. paikalla tehty Kokkolan majakka-kasuunin tapauksessa. /8/ Kasuunien rakentamisen jälkeen altaan molemmin olisi voitu valaa tukimuurit ja rakentaa näiden laiturirakenteet päälle. Lopuksi oli rakennettu varastohallit molemmin puolin terminaalia. Johdelaituri olisi tässä vaihtoehdossa rakennettu kevyempänä ja putkipaaluperusteisena. Elementit olisi rakennettu molemmin puolin allasta, hiekkakentän reunalle rakennettavien penkereiden päällä. Pohjatutkimukset paljastivat kuitenkin, että paikalla kalliopinta oli korkealla. Tämä olisi aiheuttanut tarvetta louhinnalle suurella alalla, joka olisi nostanut terminaalin rakennuskustannukset huomattavan suuriksi.

Seuraavaksi pohdittiin olemassa olevien kivilaiturin ja rautatielaiturin saneerausta, mutta näidenkin korjaaminen nykyisille vaatimuksille olisi tullut maksamaan liikaa. Nämä laiturit olivat kuitenkin toiminnallisesti hyvässä paikassa, joten seuraavaksi lähdettiin tutkimaan uuden terminaalin sijoittamista vanhojen laituriin lähelle. Tässä vaihtoehdossa nykyistä

väylää ei tarvittu suuresti laajentaa ja paikka oli muutenkin otollinen maaliikenneyhteyksien ja sataman muun toiminnan kannalta. AW–terminaalin yleisjärjestely pysyi tässä vaiheessa vielä samanlaisena ja vesirakennusurakka pyrittiin viemään edelleen läpi kuivatyönä. Kivilaiturin päähän, AW–terminaalin eteen olisi jäänyt vielä laajennusvara ro-ro- laivapaikalle. Vaihtoehdosta tehdyt kustannusarviot kuitenkin osoittavat, että vaadittavat pohjatyöt louhintoineen tässäkin tapauksessa nostivat kustannukset liian suuriksi.

Samanaikaisesti tutkittiin, miten edelleen lähes käyttökelvottomat kivilaituri ja rautatielaituri saataisiin käytettyä hyväksi uuden terminaalin rakennuksessa. Uudessa tilanteessa vanhat laiturit jäisivät uuden rakenteen/täytön alle ja näiden välinen allas täytettäisiin. Nyt kuivatyöstä saatettiin luopua, vanhat laiturin tarjosivat hyvän työalustan. Suurena erona aikaisempiin vaihtoehtoihin oli, että varastohallit rakennettaisiin vain laiturin toiselle puolelle ja laiturin toinen puoli toimisi ulokemaisesti, kuten Amsterdamissakin. Tämä sijoitusvaihtoehto osoittautui kannattavimmaksi tähänastisista ja jäikin lähes lopulliseksi. Laiturin linjausta vain muutettiin vielä hieman: Laivan tuloa terminaaliin tehtiin helpommaksi, kun väylältä saattoi uudessa vaihtoehdossa kääntyä suoraan laiturin linjaan. Samalla tuloväylän ruoppaukset jäivät pienemmiksi.

5.2. Rakenteen valinta

AW–terminaalin rakenne vaihtui myös, kuten rakennuspaikkakin, monta kertaa ennen kuin lopullinen rakenne lyötiin lukkoon. Koska rakenne oli ensimmäinen laatuaan Suomessa, oli sen rakentamisessa ja toiminnassa useita eri seikkoja, jotka oli otettava huomioon jo suunnittelussa. Tätä varten tutustuttiin jo olemassa olevaan AW–terminaaliin, Amsterdamin Waterland – terminaaliin. Satamassa oli peräkkäin kaksi AWT – laivapaikkaa näihin kuuluvine varastohalleineen. Halleista, jotka oli myös varustettu siltanostureilla, oli helppo ja nopea siirtää tavaraa jatkokuljetukseen joko laiturihalliin tai maakuljetusta varten. Amsterdamin jo valmiista terminaalikompleksista saatiinkin käyttökokemuksia ja muita tärkeitä vihjeitä siitä, mihin suuntaan suunnittelua pitäisi viedä.

Jo alkuperäisessä sijoitusvaihtoehdossa terminaalin toimintaan, kuten rakenteisiinkin tehtiin eroa Hollannin ratkaisuihin. Erona oli mm., että laiva ajettiin kohtisuoraa rantalinjaa vasten altaaseen ja hallit sijaitsivat molemmin puolin allasta. Lisäksi Waterland – terminaalista oli opittu, että siltanosturin perustukset, jotka Amsterdamissa olivat

suhteellisen järeät ja sijaitsivat hallirakenteen sisällä, olivat tiellä tavaraa siirrettäessä laiturille ja sieltä pois. Tämä hidasti lastausta ja purkausta, kuten kuvasta 10 näkyy, miten trukilla on rajallinen tila toimia laiturilla. Siltanosturi päätettiin yhdistää hallin seinärakenteisiin, jolloin se ei tarvitsisi erillisiä perustuksia.



Kuva 10. Waterland -terminaalin järjestely.

Suurimpana erona Amsterdamin Waterland – terminaaliin Kokkolassa ovat luonnollisesti sääolosuhteet. Waterland sijaitsee kanavassa suojaisessa paikassa, jossa eivät aallot ja jää haittaa liikennettä. Myös tavaran suojaaminen sääoloilta on huomattavasti helpompaa Amsterdammassa, kuin yli tuhat kilometriä pohjoisempana Kokkolassa: Waterland – terminaaleissa ei ole ovia, ne ovat siis periaatteessa avoimia ja lämmittämättömiä läpi vuoden. Tiedettiin myös, että Kokkolaan rakennettavasti terminaalista haluttiin tehdä suurempi kuin Amsterdammassa. Tällä haluttiin varmistua kapasiteetin riittävydestä sekä valmistautua tulevaisuudessa mahdollisesti kasvaviin tavaramääriin.

Alun perin terminaalin pintakuorman ajateltiin olevan paljon nykyistäkin suurempi. Siksi alusta saakka lähdettiin olettamuksesta, että kantavat rakenteet perustetaan erittäin kantavan maapohjan tai kallion varaan, gravitaatorakenteena. Teräksinen tukiseinä suunniteltuilla tavarakuormilla olisi muodostunut hyvin järeäksi ja siten liian kalliiksi toteuttaa. Ensimmäisessä sijoitusvaihtoehdossa, missä kalliopinta oli ylempänä, laiturit

olisi perustettu kallioon ankkuroitavilla teräsbetonitukimuureilla. Tällöin syntyvät vaakavoimat olisi voitu suurelta osin keskittää vetoankkureihin, jolloin rakenne olisi ollut keveämpi. Samalla periaatteella johderakenne olisi perustettu kallioon ankkuroitavilla paaluilla. Tässä paikassa se olisi ollut mahdollista, maa kallion päällä ei sisältänyt suuria kiviä, kuten pohjatutkimukset osoittivat. Kustannusarvio kuitenkin osoitti, että vaaditut louhinnat ja ruoppaukset olisivat tulleet kalliiksi.

Seuraavan vaiheen sijoitusvaihtoehdossa kalliopinta oli jo monin paikoin niin syvällä, ettei kallionvarainen perustaminen tullut enää kysymykseen. Sen sijaan kantava hiekkamoreeni oli sopivaa materiaalia maanvaraisille perustuksille. Tässä vaiheessa oli jo selvää, ettei pintakuorma tule olemaan alkuperäisen suuruinen, joten perustusrakenteiltakaan ei vaadittu niin suurta kantavuutta. Suunnitellun louhetäytön ansiosta elementtien koko oli suhteellisen pieni. Pistolaiturin kasuunit olivat tässä vaiheessa vielä pieniä ja laiturin rakenne avoin, kuten Amsterdamissakin. Avoimesta rakenteesta kuitenkin luovuttiin pian, kun tajuttiin että altaan sulanapito ja suojaus vaativat suljetun rakenteen. Tämän muutoksen myötä pistolaiturin rakenne vakiintui nykyisen kaltaiseksi. Johderakenne oli vielä tässä vaiheessa suunniteltu rakennettavan samalla tavalla kuin pistolaituri. Työ olisi ollut tässäkin tapauksessa toistoa ja nopeaa tehdä, mutta massat hiekkatäyttöineen olisivat olleet liian suuret. Kompromissiksi kevyen putki/paalurakenteen ja elementtirakenteen välillä muodostui lopulta nykyinen tihtaali johderakenne.

5.3. Rakenteet

5.3.1. Materiaalit

Laiturirakenteiden rakennusmateriaalien, betonien, terästen ja täyttöihin käytettävät maamassojen valinnassa noudatetaan tavanomaisia käytäntöjä. Täytöt pyritään tekemään pääosin läheiseltä maanottoalueelta leikattavilla mailla. Alun perin oli tarkoitus käyttää laiturin taustatäyttönä louhetta, josta osa olisi saatu nykyisen rantapenkereen kaivuista. Tarvittaessa täyttöön olisi käytetty myös muualta tuotuja maita. Osoittautui kuitenkin kannattavammaksi vaihtaa taustatäyttö hiekaksi, josta suurin osa saatiin kaivettua sataman läheisestä hiekkasärkästä.

Missä kova pohja on syvemmällä kuin laiturin perustamistaso, laiturin alusta täytetään sekalouheella #0...300 mm. Kovan pohjan tai sekalouheen sekä elementin pohjan väli

tasataan murskeella #20...100 mm. Terminaalin pohjoispuolelle rakennettavan reunapenkereen runko tehdään louheesta. Riittävän eroosiosuojan aikaansaamiseksi luiskan pintalohkareilla on oltava 600 kg:n vähimmäispaino, jolloin lohkaroiden halkaisija on noin 700 mm. Päälysrakenteiden sekä hiekkatäyttöjen väliin täytetään 200 mm kerros mursketta #0...32 mm.

5.4. Johderakenne

5.4.1. Rakenteen valinta

AW-terminaalin johderakenteen riittävä stabiliteetti ja rakenteellinen kestävyys saadaan toteutettua rakenteella, jossa neljä kasuunimaista tihtaalielementtiä yhdistetään toisiinsa sekä rantalaituriin järeillä teräksisillä putkipalkeilla. Tihtaali/putkijohderakenne-ratkaisuun päädyttiin lähinnä paikallisten pohjaolosuhteiden johdosta: Kallion päällä oleva moreenikerros sisältää niin paljon lohkaraita, ettei paalurakenteen kantavuudesta voitu varmistua. Paalut eivät välttämättä siis ulottuisi kallioon, vaan saattaisivat tukeutua lohkarieeseen, joka saattaisi yhdessä rakenteen kanssa painua. Yhtenäinen seinärakenne, jollaista muut laiturin osat edustavat, on taloudellisesti kannattamaton sen vaatimien suurten massojen käsittelyn sekä dimensioiden takia. Kuva 11 lähes valmiista johderakenteesta on otettu pistolaiturin päästä, kuvan ottamisen jälkeen kansirakenteisiin asennettiin suojakaiteet.

5.4.2. Tihtaalit

Kasuunimaiset tihtaalit muodostavat johderakenteen perustuksen. Näillä on oltava riittävä stabiliteetti kaikissa toiminnan aikaisissa tilanteissa. Tämä saadaan aikaiseksi riittävän suuren oman painon sekä riittävät dimensiot omaavan pohjalaatan avulla. Tihtaalit ovat pyöreitä, onttoja betonikuorisista rakenteista, jotka täytetään hiekalla. Pohjalaatta on kahdeksankulmainen laatta, jossa on reikä keskellä. Koska pohjapaine mitoittavissa tilanteissa keskittyy pohjalaatan reunoille, saadaan näin vakavuuden kannalta riittävästi leveyttä pienemmällä betonimäärillä. Tihtaalien päälle valetaan paikallaan kansirakenne, johon asennetaan kiinteästi laivan kannalta tarpeelliset varusteet, kuten pollarit sekä fenderit. Tihtaalien eteen ja sivuille asennetaan lokeroitipalkit ja näiden väliin uppovaluna eroosiolaatta, joka ehkäisee laivan potkurivirtojen aiheuttamaa maapohjan eroosiota.

Myös itse tihtaalirakenne on suunniteltava kestäämään normaalioloissa sille tulevat rasitukset varusteista, laivasta ja sisäpuolisen hiekkatäytön aiheuttamasta maanpaineesta. Käytännössä tämä tarkoittaa teräsbetonirakenteen oikeaa mitoitus sekä itse rakenteessa, että sen ja siihen liittyvien rakenneosien välillä. Koska tihtaalit täytetään hiekalla, säästetään materiaalikustannuksissa täysbetoniseen rakenteeseen nähden huomattavasti. Nostoa varten tihtaaliin asennettava reikä peitetään suodatinkankaalla sekä teräksisellä tulpalla, ettei hiekka pääse täytön jälkeen valumaan elementistä. Hiekkatäytön päälle tasataan murske, jonka päälle päällysrakenteeksi valetaan teräsbetonista laatta.



Kuva 11. Johderakenne pistolaiturilta kuvattuna.

5.4.3. Putkijohde

Putkijohteen tukirakenne muodostuu jäleistä laiturin suuntaisista PØ1016x12,5 putkista, jotka täytetään betonilla, sekä 45° diagonaalisista tukiputkista PØ711x12,5. Betoni antaa putkirakenteelle tukevuutta sekä suojaa sisäpintaa korroosiolta. Putket kiinnittyvät tihtaalien kansirakenteeseen järeillä tartuntateräksillä, jotka hitsataan putkien sisäpintaan. Putkijohteeseen kiinnitetään hitsaamalla myös kävelysilta kannatinrakenteineen, kaapeliputkineen sekä kaiteineen, suojaparrujen kiinnityspalkki ja vaijerikouru. Suojaparrut

suojaavat putkia pieniltä kolhuilta, joita mahdollisesti laivat aiheuttavat.

Putkijohde toimii yhdyssiltana tihtaalien välillä, samalla se jakaa kuormia näiden välillä. Putkijohdetta rasittaa omien painojen lisäksi tihtaalilta toiselle putkijohteen kautta siirtyvät kuormat, joita ovat pääasiassa fenderi- ja pollarikuormat, kävelysillalta tulevat kuormat sekä laivan vinssillä vetämisestä aiheutuvat kuormat. Putkijohderakenteessa sekä sen liitoksissa, lähinnä hitseissä, on oltava tarpeeksi ainevahvuutta kestämään niille tulevat rasitukset. Ennen betonitäyttöä johdeputkille on annettava riittävä esikorotus, jotta betonitäytön aiheuttamat taipumat saadaan kompensoitua ja samalla saadaan pienennettyä putkien nurjahdusriskiä.

5.5. Rantalaituri

5.5.1. Rakenteen valinta

AW–terminaalin rantalaituriosa toimii kuten mikä tahansa ns. ”perinteinen” rantalaituri – maata pysyvästi tukevana gravitaatorakenteena, jota tässä tapauksessa tukee vielä itse tukirakenteeseen asennetut ankkurit. Rantalaiturin pohjoispuolelle täytetään reunaluiska, joka suojataan eroosiolta pintalohkarekerroksella.

Kuten pistolaiturin tihtaalitkin, rantalaiturin rakennetyypin määrää pohjaolosuhteet – vallitsevilla pohjaolosuhteilla on teknistaloudellisesti kannattavinta perustaa rantalaituri maanvaraisena gravitaatorakenteena, jossa perustuksena toimivat elementteinä asennettava tukimuuri. Tukimuurin tausta täytetään sopivalla materiaalilla, joksi osoittautui läheltä saatu hiekka. Siirtymien rajoittamiseksi rantalaituriin asennetaan maa-ankkurit: Ankkureita käyttämällä voidaan myös laiturin taustatäytöissä käyttää samaa hiekkaa kuin hallin kohdalla, sekä tihtaalien että pistolaiturin täytöissä. Taustatäytön suuren volyymin takia tämä säästää rahaa erityisesti rantalaiturin täytöissä, verrattuna esimerkiksi louhe- tai mursketäyttöön.

5.5.2. Elementit

Rantalaiturilla tukimuurin muodostavia peruselementtejä on kahdenlaisia: kaksiripaisia kulmaelementtejä, jotka varsinaisesti muodostavat laiturin kantokyvyn. Näiden välissä on kevyempiä seinämäisiä saumaelementtejä, joiden tehtävänä on tehdä rakenteesta tiivis sekä jakaa kuormat vierekkäisille kulmaelementeille. Elementit pyritään pitämään

keskenään samanlaisina helpon toistettavuuden vuoksi – pitämällä elementtien dimensiot vakiona, voidaan niiden valmistusta helpottaa sekä nopeuttaa. Vain laiturin kulmissa joudutaan peruskulmaelementtien ripoihin tekemään pieniä muutoksia, jotta saadaan elementit muodostamaan jatkuva muurirakenne.

Elementtirakenteella on oltava riittävä geotekninen sekä rakenteellinen varmuus käyttöikänsä nähden, sekä niiden valmistus tulisi olla mahdollisimman yksinkertaista sekä taloudellista. Kulmaelementtien pohjalaatan pituutta kasvatetaan vaadittavan perustussyvyyden mukaan, jotta vaadittava vakavuus saadaan aikaan. Koska kulma- ja saumaelementit ovat painoltaan pienempiä kuin tihtaalit, voidaan ne nostaa samalla kalustolla ilman ongelmia. Saumaelementtien nostoreiät muunnetaan lisäterästyksellä asennuksen jälkeen vedentasausräiksi.

5.5.3. Maa-ankkurit

Ankkureita päädyttiin käyttämään rakenteessa itse laiturirakenteen keventämiseksi ja sitä kautta materiaalimenekin ja kustannusten minimoimiseksi. Samalla voitiin luopua kalliista louhetäytöstä laiturielementtien takana. Kun rakenne ankkuroidaan maahan, ankkurit ottavat suuren osan maanpaineesta kannettavakseen, jolloin itse rakenteen ei tarvitse olla niin massiivinen vaadittavan stabiliteetin aikaansaamiseksi. Kun ankkurit pyrkivät siirtymään, niiden eteen muodostuu rakennetta stabiloiva passiivipaine.

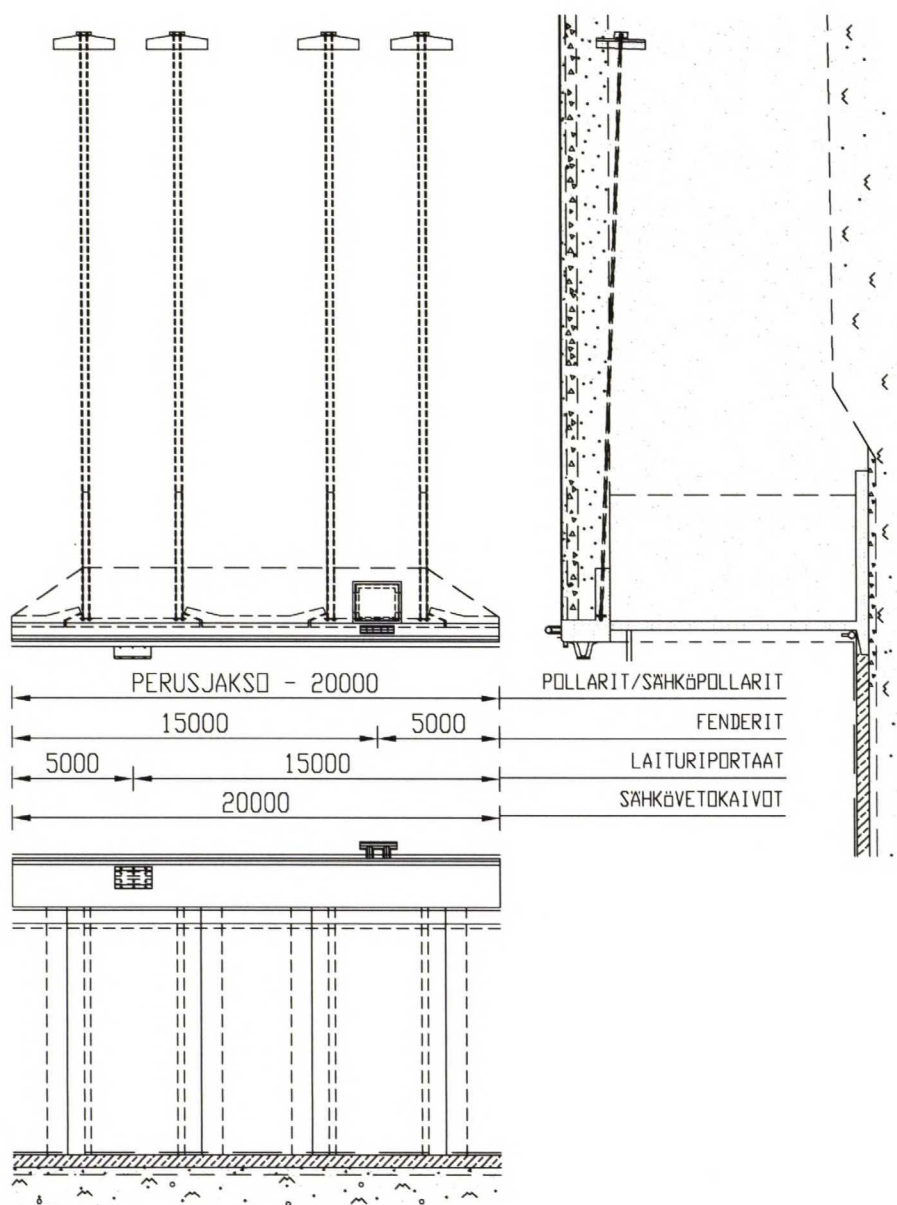
Ankkuritangot, joita on neljä kulmaelementtiä kohti, ovat teräksisiä GEWIØ50–tankoja. Tangot ankkuroidaan laiturin puolelta kansirakenteeseen lisäteräksin. GEWI-tangot suojataan korroosiolta betonirakenteen ulkopuolella siten, että muovisen Ø100/90 suojaputken ja ankkureiden väli injektoidaan täyteen injektointilaastia.

Ankkuritankoihin elementtirakenteelta tulevat voimat johdetaan täytettävään ja tiivistettävään hiekkaan teräsbetonisten ankkurilaattojen avulla. Ankkurin kestävyys määrää joko niiden terästen myötääminen tai maan murtuminen ankkurilaattojen edestä. Yleensä nämä kapasiteetit pyritään mitoittamaan siten, ettei niiden välillä ole suurta eroa – näin päästään tehokkaaseen rakenteeseen ilman suuria materiaalimenekkejä. Ankkuritangon pituus on oltava riittävä, ettei yhtenäistä, laiturirakenteen alle ulottuvaa liukupintaa pääse syntymään ankkurilaatan taakse. Ankkurin jatkeet, ankkurilaatta sekä liittyminen laiturielementtiin mitoitetaan ankkurin kapasiteetin mukaisille voimille. Tangot

esijännitetään asennusvaiheessa, jotta laatoille saadaan passiivipainetta. Näin ankkureiden toiminnasta voidaan varmistua kaikissa tilanteissa. Elementtien siipimuurien sekä ankkuritangon väliin asennetaan tankoja sekä elementtejä suojaava suulakepuristettu solumuovi. Tangot suojataan siipimuurin takaa betonisella suojakourulla, jonka tarkoitus on estää tankojen leikkautuminen siipimuuria vasten.

5.5.4. Kansirakenne

Kansirakenne valetaan betonista elementtien sekä hiekkatäytön päälle ja se on ainoa varsinaisesta laiturirakenteesta näkyviin jäävä osa. Kannella nostetaan laiturialue tasolle. Kansirakenteeseen asennetaan lähes kaikki laiturin varusteet, näitä varten on siis jätettävä varaukset, esimerkiksi hallin nosto-ovelle on suunniteltu oma paikkansa. Myös kansirakenteen valmistuksessa pyritään toistettavuuteen, kansi valetaan 20 metrin perusjaksoissa. Mittoihin tehdään tarvittaessa, kuten laiturin päissä muutoksia. Samalla laiturivarusteet, kuten pollarit ja fenderit pyritään sijoittamaan aina samaan kohtaan jaksoa. Kuvasta 12 näkyvät rantalaiturin perusjakson mitat ja järjestelyt.



Kuva 12. Rantalaiturin perusjakso.

Kansirakenteen mitoitus suoritetaan lähinnä laituritasoa mahdollisesti kuormittavien nosturien sekä lastin aiheuttamia rasituksia vastaan. Suurin mitoittava tekijä rakenteiden pääosille ovat yleensä nosturien telien ja pyörien aiheuttamat keskittyneet kuormat. Lisäksi myös varusteiden, kuten pollareiden sekä fendereiden, liittymiset kansirakenteisiin on vahvistettava lisäteräksin näiltä tulevia kuormia vastaan. Kokkolan tapauksessa hallin sisään, osittain elementtien päälle valetaan 200 mm paksut teräsbetoni laatat, joiden tarkoitus on jakaa työkaluista aiheutuvia pistemäisiä kuormia. Betoni laattoja käyttämällä päästään myös eroon tarpeesta uusaa kulumaa asfalttibetonipäällystettä.

5.6. Pistolaituri

5.6.1. Rakenteen valinta

AW–terminaalin pääasiallinen tarkoitus on mahdollistaa ihanteelliset olosuhteet laivalle sen lastauksen ja purkamisen aikana. Pistolaituri päätettiin siksi toteuttaa umpinaisena rakenteena, jotta hallin altaassa seisova laiva saataisiin parempaan suojaan aalloilta sekä mahdollisilta jäälautoilta. Kuten muidenkin perustusrakenteiden osalta, maanvarainen gravitaatorakenne osoittautui myös pistolaiturin tapauksessa kannattavimmaksi ratkaisuksi. Umpinainen, kohtuullisen järeä rakenne mahdollisti pistolaituriosan toimimisen perustuksena myös hallin merenpuolen rakenteille. Samalla se voi toimia Kokkolan Sataman hinaajalaivojen laiturina merenpuoleltaan, sekä se voidaan varustaa törmäys-suojalla altaan suulla. Täysin umpinainen laiturielementti ei kuitenkaan ole, rakenteeseen asennettavat putket tasaavat vedenpaine-eroja ja mahdollistavat lämpimän veden virtauksen altaaseen. Kun laivan altaaseen saapuessa syrjäyttämä vesi pääsee osittain purkautumaan putkista, on sen ohjaaminen helpompaa, eikä vesi nouse laiturille.

Hallin staattinen toiminta on suunniteltu siten, että hallin merenpuoleiset pilarit eivät aiheuta perustuksille momentteja. Tämä mahdollistaa pistolaiturirakenteen toteuttamisen maanvaraisena kevyempänä, kuin mitä muutoin olisi ollut tarpeen. Pistolaiturilla ei ole tarkoitus varastoida lastia, eikä ajaa työkoneille ja koska pistolaiturin halkaisee hallin seinä pilareineen, ei tähän ole oikein tilaakaan. Laituriosaa ei siis myöskään mitoiteta yhtä suurille tavarakuormille kuin Rantalaituri.

5.6.2. Elementit

Pistolaiturilla kulma- ja saumaelementtien jako pidettiin samana kuin rantalaiturilla. Koska pistolaituri ei ole maata tukeva seinärakenne, toteutettiin rakenne siten, että kulmaelementit ovat laatikkomaisia ja saumaelementit sijaitsevat näiden välissä sekä meren-, että altaanpuolilla. Saumaelementit ovat mitoiltaan samoja kuin rantalaiturissa, myös kulmaelementtien dimensiot pyrittiin pitämään pitkälle samana työn sekä muottikaluston helpon toistettavuuden takia – etuseinä valetaan nyt molemmin puolin ja elementtien rivat ovat jatkuvat näiden välillä. Laatikkoelementtien pohjalaattaan on, kuten tihtaali-kasuunienkin tapauksessa, materiaalin säästämiseksi jätetty reikä, myös läpivirtausputkien varaukset on otettava huomioon elementtejä rakennettaessa. Elementit täytetään hiekalla

samoin kuin tihtaalitkin, tätä varten myös pistolaiturin saumaelementtien nostoreiät joudutaan tulppaamaan. Vasta-asennetut pistolaiturin elementit näkyvät kuvassa 13.

Päinvastoin kuin rantalaiturin elementit, pistolaiturin elementit ovat meren puolelta jokseenkin alttiina tuulelle, aalloille sekä jälle, kun taas ulkopuolista toispuoleista maanpainetta ei esiinny. Hallirakenteelta tulevat kuormat rasittavat myös elementtejä erilailla eri hallin kuormitustilanteissa. Elementtien stabiliteetin on säilyttävä kaikissa kuormitustilanteissa, sekä myös rakenteellisen kestävyys on oltava riittävä.



Kuva 13. Pistolaiturin elementit asennettuina.

5.6.3. Kansirakenne

Pistolaiturin kansirakenne on laatikkoelementtien kohdalla umpinainen, saumaelementtien kohdalla pohjalaattaan on jätetty aukko. Hallin pilarien sekä kansirakenteiden jaksojen jako on järjestetty siten, että pääpilarit sijaitsevat juuri laatikkoelementtien kohdalla ja tuulipilarit saumaelementtien kohdalla. Näin päästään betonin säästöön, sekä myös riittävän vahvaan rakenteeseen. Koska altaan pistolaiturin puoleen ei ole tarkoitus ottaa vastaan

laivaa, on tarpeen varustaa kansirakenne vain osaltaan pollareilla ja fendereillä. Mutta koska pistolaiturin merenpuoleista osaa tulee käyttämään myös hinaajat, on tällä puolella myös pollarit tarpeen. Laituriosan järeän perustusrakenteen vuoksi kansirakenne saatettiin varustaa laivan törmäystä varten fendereillä. Kevyemmällä rakenteella oltaisi jouduttu rakentamaan erillinen törmäyssuoja pistolaiturin eteen, nyt sitä ei tarvittu, koska hallin seinäkin on riittävän etäällä pistolaiturin päästä.

Koska pistolaiturin kannen päällä ei tule olemaan työkoneita tms., mitoitetaan kansirakenne pollari- ja fenderikuormien lisäksi pääosin vain hallilta tuleville kuormille. Hallin perustus on kiinteästi järjestetty siten, että pilarit ovat 1,5 metrin korkeuteen teräsbetonisia ja osa kansirakennetta. Varsinaiset hallin teräspilarit kiinnitetään betonipilareihin asennettavilla peruspulteilla, joten kannen tartunta- ja lisäterästen mitoituksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

5.7. Altaat ja väylä

5.7.1. Satama-allas

Altaan dimensiot, syvyyden, leveyden ja pituuden määrää mitoitusalus. AW–terminaalin hallissa sijaitsevan altaan muuhun mitoitukseen vaikuttaa sitten useampikin seikka. Jo aluksen saapuessa halliin, syrjäytyy suuri määrä vettä, jolla ei ole rantalaiturin tapaan luonnollista reittiä merelle, vaan syrjäytyvä ja altaaseen palaava vesi aiheuttaisi aaltoilua altaaseen ja näin myös laivan heilahteluja. Talvi pakkasineen aiheuttaa myös oman vaatimuksensa: allas on pidettävä sulana läpi talven kylmimpienkin pakkasten, tietenkin mahdollisimman taloudellisesti, eli mahdollisimman pienellä energiankulutuksella. Pistolaituriin asennetut virtausputket huolehtivat osin molemmista yllä mainituista ongelmista: Vesi pääsee purkautumaan merelle näiden kautta aluksen tullessa laituriin. Talven aiheuttamat ongelmat on ratkaistu asentamalla altaan pohjaan erityinen sulanapitoputkisto, joka altaan päätyyn asennettavien pumppujen avulla nostaa pohjalta lämpimämpää vettä pintaan. Altaassa kiertävä vesi ei välttämättä riittäisi pitämään allasta sulana, mutta imu ja läpivirtausputkien kautta saadaan riittävä määrä lämpimämpää vettä. Laivan poistuessa laiturista, sen potkurivirtojen aiheuttama eroosio suljetussa altaassa saattaisi hyvinkin nopeasti vaarantaa laiturirakenteen stabiliteetin. Tästä syystä koko altaan pohjaan valetaan uppovalulla yhtenäinen betoninen eroosiosuoja, joka suojaa pohjamaata.

5.7.2. Väylä ja kääntöallas

Väylä, joka Kantasatamaan johtaa, on harattu tasoon NN-11,20, joten väylän ruoppaukset ovat pinta-alaltaan pieniä. AW–terminaalia käyttäviä aluksia varten joudutaan altaaseen johtava väylä ruoppaamaan tasoon NN-10,00.

Vanha kääntöallas sinänsä on riittävän suuri myös AW–terminaalin käyttöön, palveleehan Kantasatama myös suurempia laivoja. Luotsien toivomuksesta allasta kuitenkin laajennettiin, jotta laivojen väylältä altaaseen tulossa olisi tilaa laivan kääntämiseen myös poikkeuksellisissa olosuhteissa. Altaan halkaisijaksi valittiin 300 metriä. Allas ruopataan myös väylän ulkopuolelta tasoon NN-10,00.

5.8. Varusteet

5.8.1. Fenderit

Kokkolan AW–terminaalin tapauksessa on tarpeen varustaa vain yksi sivu fendereillä, koska laivaa ei kiinnitetä pistolaituriin. Pistolaiturin altaan puoleinen ulkonurkka varustetaan vahinkojen varalta fendereillä, jotka suojaavat laivaa ja laituri, jos laiva altaaseen ajaessaan sattuu törmäämään ko. nurkkaan. Satamaa palvelevat hinaajat eivät vaadi suojaparrua järeämpää rakennetta, joten pistolaiturin ulkopuolelle ei tarvita fendereitä.

Johderakenteen sekä rantalaiturin altaan ulkopuoleisen osan fendereiltä, joihin laiva saapuessaan laituriin törmää, vaaditaan enemmän energian vaimennuskykyä kuin altaan fendereiltä. Tästä syystä seitsemän ensimmäistä fenderiä ovat järeämpiä kuin muut. Energian vaimennuskyvyn ja mittojen perusteella soveltuvia fendereitä oli useita, joista saatavuuden ja hinnan perusteella rakennuttaja valitsi käytettäväksi Trellexin MW600 fendereitä, joiden kumilaatu on valmistajan luokkaa B. Kaikkien fendereiden korkeus on 700 mm, järeämpien yksiköiden pituus on 2000 mm ja pienempien 1500 mm. Fenderit varustetaan kovamuovisilla ja vähäkitkaisilla suojalevyillä. Pistolaiturin nurkan fenderit siirrettiin vanhalta kivilaiturilta.

5.8.2. Pollarit

Pollarit tehdään yhteen hitsattavista teräsputkista, jotka valetaan kiinni betonirakenteisiin. Useimmiten laivat kiinnitetään pollareihin keulastaan ja perästään, mutta voidaan

poikkeuksellisesti myös kiinnittää muutenkin. Tähän on varauduttu varustamalla koko laituriosuus ja altaan päädyn molemmat puolet pollareilla. Pääpollarit laiturin päädyissä ovat järeämpiä, PTT750 pollareita, muut pienempiä PTT600. Myös johderakenteeseen on mahdollista kiinnittyä, siksi tihtaalitkin on varustettu pollareilla, samoin kuin pistolaiturin merenpuoleinen osa hinaajia varten. Rantalaiturin muutama pollari varustetaan 16 ja 32 ampeerin sähkökoskettimilla. Johdot vedetään pollarin pystyputkeen jätettävän varauksen läpi, itse koskettimet kiinnittyvät vaakaputken sisään hitsattuun teräslevyyn.

5.8.3. Siltanosturi

Hallin pääasiallinen nosturi on kiinteästi rakenteisiin kuuluva siltanosturi. Tätä varten hallin rakenteissa on molemmissa seinärakenteissa kiskopalkit, joiden välissä toimivalla siltanosturilla on 60 metrin jänneväli. Koska lastin nopea käsittely on eräs AW –terminaalin päätavoitteita, on siltanosturin nopeus tärkeää. Poikki- ja pituussuuntaan nopeus on 100 m/min ja nostonopeus 90m/min – kaikki tämä täydellä kapasiteetilla. Siltanosturin kapasiteetti on oltava riittävä kaikenlaisten kuormien käsittelyyn, ulottuma on riittävä koko laivan leveydeltä, varsinkin kun laivan kiinnitys järjestetään rantalaiturin puolella allasta. Valittu 50 tonnin kapasiteetti riittää tavanomaisten lastien käsittelyyn, tätä järeämmän nosturin käyttäminen tekisi sekä nosturin, hallin, että laiturin rakenteista kannattamattoman järeitä. Suurempia kuormia varten rantalaiturin päähän hallin ulkopuolelle on suunniteltu asennettavan osaksi elementtien päälle, osittain teräsputkipaaluilla perustettavaksi järeä 200 tonnin jäykkäpuominosturi.

5.8.4. Vinssi ja vaijerikouru

Hallin palomääräysten mukaan laiva on saatava ulos hallista palon sattuessa ilman omia moottoreitaan. Tästä syystä laiturin ulommainen tihtaali varustetaan aluksen sähkösaannista riippumattomalla vinssillä, jolla laiva saadaan vedettyä ulos hallista 15 minuutin kuluessa. Vinssistä lähtevä köysi vedetään taittopyörän kautta johderakenteeseen asennettavaan vaijerikouruun, jota pitkin köysi voidaan turvallisesti vetää. Aluksen saapuessa terminaaliin, kiinnitetään siihen vinssin köysi ja sillä ohjataan alusta sen saapuessa terminaaliin. Vetovintturille on varattu paikka myös rantalaiturin päädyssä, jonne mahdollisesti myöhemmin asennettavalla vinssillä voidaan laiva vetää tarvittaessa myös hallin sisään.

5.8.5. Pelastus- ja turvavälineet

Kaikki laiturin osat varustetaan kiinteillä laituriportailla ja pelastusvälineillä onnettomuuksien varalta normaalin käytännön mukaisesti. Portaiden sijoittelussa on pyritty siihen, että niiden välinen etäisyys olisi välillä n. 50 – 60 metriä ja että ne olisivat suojassa laivojen törmäyksiltä. Tämän takia portaat on pyritty sijoittamaan fendereiden taakse, lisäksi toiselta puolelta portaan viereen asennetaan puuparru suojaksi. Reunateräs, joka toimii sekä vierintäesteenä, jalkasuojuksena, että suojaverkkojen kiinnikkeenä kiertää koko laiturirakenteen johderakennetta lukuun ottamatta. Johderakenteessa vaijerikouru toimii samalla reunateräksen korvikkeena. Laituri varustetaan myös kaksilla pelastusvälineillä, jotka sijoitetaan taustalle, toinen AWT – hallin sisälle ja toinen johderakenteen alkupäähän. Pelastusvälineisiin kuuluvat pelastushaka ja – rengas sekä heittoköysi painoineen. Kuva 14 on otettu hallin sisältä, altaan päädyssä olevasta pelastusvälinesarjasta. Tihtaalien kansirakenteeseen päätettiin asentaa kaiteet, jotka toimivat putoamisesteenä tihtaalien sivulta ja takaa. Teräsputkikaiteet asennettiin jälkiasennuksena.



Kuva 14. Pelastusvälinesarja hallin päädyssä.

5.8.6. Eroosiosuojaus

AW – terminaalissa, jossa on erilaisia laituriosia ja – rakenteita, esiintyy myös eriasteista eroosiota. Kaikki laiturirakenteet ovat gravitaatorakenteita, jotka perustetaan joko täytetyn materiaalin tai kantavan luonnonpohjan päälle. Koko laiturirakenne täytyy siis suojata eroosiolta, eri osissa esiintyy kuitenkin eriasteisia tarpeita. Luonnollinen eroosio on pienemmillään altaassa, joka on suojassa. Laivojen potkurivirtausten vaikutus on kuitenkin suurimmillaan laivan lähtiessä laiturista. Allas täytyykin kokonaisuudessaan suojata laattalla. Yhtenäinen laatta antaa myös sivuttaistukea ranta- ja pistolaitureille. Muut laiturin osat suojataan niin leveältä, mitä kyseisessä kohdassa vaikuttavat potkurivirtaukset edellyttävät. Esimerkiksi altaan suulla eroosiolaatta on vähintään kymmenen metriä leveä, kun taas pistolaiturin merenpuolella, jota käyttävät vain pienemmät hinaajat, laatta on viisi metriä leveä. Laatan yläpinta ei milteään osin saa ulottua tulevan haraustason NN – 10 yläpuolelle.

Eroosiolaatan lokeroointipalkit valmistettiin elementteinä. Lokeroointipalkit ovat metrin leveitä ja ne sijaitsevat laatikko/kulmaelementtien ja tihtaalien reunoissa. Tällöin niiden väliseksi vapaaksi tilaksi tulee neljä metriä. Näin palkkien välinen uppobetonointityö helpottuu ja laatasta saadaan tasavahva ja – paksu. Uppobetonin ja lokeroointipalkkien välinen tartunta varmistetaan palkkien tartuntateräksillä.

5.8.7. Pumppukaivot ja pulputusputket

Altaan veden kierrättämisestä huolehtivat pumppukaivot sijoitetaan altaan päähän siten, että kaivot sijaitsevat altaan nurkissa. Kaivojen imuputket sijoitetaan uuden ja vanhan laiturin liitosvaluun, josta vesi pumpataan kaivoihin putkia pitkin merenpuolelta. Imuputkien kautta talvella saadaan tarpeeksi pohjalle painunutta tiheää +4 °C vettä, että altaan vesi pysyy sulana. Pumppujen kierroslukua voidaan säädellä tarpeen mukaan. Vesi pumpataan kaivoista edelleen altaan suuntaisiin putkiin, jotka ovat kiinnitettyjä elementtien etuseinien alaosiin. Putkissa on suuttimet ylöspäin, jotka saavat altaaseen aikaan kiertoliikkeen alhaalta ylöspäin. Kiertoliike puolestaan altaan ulkopuolelta tuodun veden kanssa pitää veden liikkeessä ja jatkuvasti tuo lämpimämpää vettä pohjalta, jolloin allas pysyy sulana kovilla pakkasillakin. Suuttimia pitää olla tarpeeksi tiheässä eli tarpeeksi vettä on kierrätettävä altaassa, sekä tarpeeksi +4 °C vettä on tuotava altaaseen, ettei vesi jäähydy niin paljon, että se jäätyy. Järjestelmä mallinnettiin LVIA-suunnittelijan toimesta. Mallin

perusteella tehtyjen laskelmien perusteella veden kierrättämisen uskottiin toimivan myös Kokkolan olosuhteissa.

5.8.8. Muut varusteet

Pistolaiturin päähän kiinteästi asennettavat navigointivalot helpottavat laivan ohjaamista laiturin lähellä. Valot upotetaan rakenteeseen riittävästi, jotta ne eivät joutuisi kolhuille alttiiksi. Rantalaiturin pätyyn asennetaan myös kiinteästi vedenkorkeusmittari, josta voidaan seurata vedenpinnan vaihteluita.

Terminaalin allasaukon sulkeva, terminaalista ulos ja myöhemmin myös varastohalleihin johtavat nosto-ovet vaativat suuren kokonsa ja käyttötarkoituksen vuoksi erityistä huomiota. Altaaseen johtava ovi on tarkoitus laskea siten, että laivan komentosilta on mahdollista jättää ulkopuolelle. Ovien nopea ja hallittu avaaminen/sulkeminen sekä myös valmistus ja asennus toteutettiin ulkopuolisella erikoisosaamisella.

Monet laiturin varusteet, mm. vintturi, navigointivalot, pumppukaivot ja nosto-ovi vaativat sähköä. Varusteiden sähköistys hoidetaan siten, että tarvittavat kaapelit vedetään rantalaiturilla reunamuurin takaa, noin 30 metrin välein sijaitsevien sähkövetokaivojen avulla. Myös tihtaalit on varustettu sähkövetokaivolla.

Hallin sisäilman kosteuden hallintaan kehitettiin oma järjestelmänsä. Tämän toiminta perustuu lämmitetyn ilman puhaltamiseen hallin sisälle, jolloin kosteus ei pääsisi kondensoitumaan katon peltirakenteisiin.

5.9. Rakennustyöt

5.9.1. Rakennustöiden suunnittelusta

AW-terminaalin rakentamiseen liittyy useita eri vaiheita, erilaisia materiaaleja, eri urakoitsijoita sekä joudutaan käyttämään useita erilaisia työtapoja. Rakentamisessa joudutaankin ottamaan huomioon kaikkien yksittäisten töiden vaatimusten lisäksi myös muiden työvaiheiden vaatimukset. Lisäksi satamassa, jossa työolot saattavat vaihdella huomattavasti, tulee rakennustöissä tilanteita, joissa tietyn työvaiheen suorittaminen on vaikeaa ja hidasta tai suorastaan mahdotonta. Joitain töitä ei puolestaan voi taloudellisesti suorittaa esimerkiksi talviaikaan. Keskeytyvä tai hitaasti etenevä työvaihe ei silti saisi estää

viereisen työn suorittamista. Joustavan, mutta tehokkaan rakennustyön aikaansaamiseksi on rakentamisen suunnittelu sekä työvaiheiden aikataulujen yhteensovittaminen erityisen tärkeää.

5.9.2. Vanhan laiturin purkutyöt ja liitosrakenteet

AW–terminaalin rantalaituriosan pääty jatketaan vanhan Rantalaiturin sekä Rautatielaiturin kulmalta, Kivilaituri jää tämän taustalle. Rautatielaituri on perustettu puupaaluilla betonisen paalulaatan varaan, reunalta maata tukee ponttiseinärakenne. Rautatielaiturin varusteet poistetaan ja reunamuuri piikataan tasolle +1,70 (NN), jotta tämän päälle voidaan rakentaa muuta laituria vastaavat päällysrakennekerrokset. AWT – laiturin päädyn neljää ankkuriparia varten leikataan muuriin tarpeeksi suuri aukko, myös hallin sokkelia varten joudutaan leikkaamaan riittävä aukko. Lisäksi hallin kaakkoisnurkan perustuksena toimivan putkipaalun asennusta varten vanhaan paalulaattaan piikataan sopiva reikä. Uuden elementtiseinän sekä vanhan ponttirakenteen väli merenpuolelta täytetään betonilla. Kivilaiturista poistetaan varusteet ja ylin kivirivi. Poistettuja fendereitä voidaan käyttää uuden laiturin fenderöinnissä pistolaiturin nurkalla.

5.9.3. Leikkaustyöt

Tukimuurien ja tihtaalien perustusalueelta kantavuuden varmistamiseksi poistetaan kaikki huonokantoiset maalajit niin syvältä, kuin ne lähtevät ruopattaessa kuokkaruoppaajalla. Missä moreenipohja on perustamistason yläpuolella, alue leikataan perustamistasoon NN-10,90. Vanhojen rantapenkereiden luiskien helmojen alle jääneet huonokantoiset maat poistetaan myös. Ryöstöjen rajoittamiseksi ruopattujen alueiden verhoamattomat reunaluiskat leikataan lajittuneissa maissa (lieju, savi, siltti, hiekka) kaltevuuteen 1:5 tai loivemmiksi, moreenissa 1:2,5 tai loivemmiksi.

5.9.4. Täyttötyöt

Ruopatut ja kaivetut kitkamaat käytetään laiturin taustakenttien täyttöihin. Lieju- ja savimaat läjitetään Syväsataman pohjoispuolelle määritettyyn täyttöaltaaseen.

Taustapenkereen ja elementtien taustapenkereen täytöt tehdään päätypengertämällä siten, että täyttö ulotetaan kovaan pohjaan ja vedenpinnan alapuolinen kerros täytetään kerralla. Vedenpinnan yläpuoliset osat täytetään, levitetään, tasataan ja tiivistetään

kerroksittain työkoneilla siten, että kerrosten tiiviydestä voidaan varmistua. Penkereiden luiskat levitetään ja tasataan oikeisiin kaltevuuksiin ja muotoihin täyttöjen yhteydessä. Luiskat tasataan ja tiivistetään asentamalla niihin suodatinkankaat. Kankaan on oltava oikeata käyttöluokkaa ja ne saumataan joko ompelemalla tai liimaamalla sekä niiden tulee limittyä pohjamaan kanssa tarpeeksi, että niiden oikeasta toiminnasta voidaan varmistua.

Elementtien täyttötyössä oli sekä pisto- että rantalaiturien kohdalta huomioitava se, ettei näiden elementtien siipimuureja ole mitoitettu toispuoleiselle maanpaineelle. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rantalaiturin päätypengertämällä suoritettava täyttö tehdään koko laiturin pituudelta samassa tasossa. Vastaavasti pistolaiturin vierekkäisten lokeroiden täyttöjen väliset korkeuserot eivät saa kasvaa suuriksi, vaan lokeroiden täytön on edettävä yhtä aikaa.

5.9.5. Satamakentän tiivistys

Satamakentän täyttö tehdään samasta materiaalista kuin laiturin taustatäyttö. Kentästä suuri osa jää hallin sisään ja osa toimii myös hallin perustusten perusmaana. Taustakenttää rasittaa tavarakuorman ja työkoneliikenteen lisäksi siis hallin perustuksista johtuvat kuormat. Kentän vahvistamiseksi sekä painumien pienentämiseksi taustakentän täyttö tiivistetään pudotustiivistämällä. Tätä varten täytön päälle tehdään 0,6...1,0 metrin paksunen työskentelyalusta louheesta. Alusta mahdollistaa tiivistyskaluston liikkumisen sekä parantaa tiivistyksen tehoa. Tiivistys suoritetaan pohjarakennesuunnittelijan ohjeen mukaan, kuitenkin siten että tiivistyksen etäisyys laiturielementteihin pysyy jatkuvasti riittävänä, etteivät elementit rikkoudu tai siirry tiivistyksen aikana.

5.9.6. Elementit

Tihtaalit, sauma- ja kulmaelementit on suunniteltu valettavaksi liukuvalutekniikalla osittain Kivilaiturin päällä ja osittain sen pohjoispuolisella rantapenkereellä. Elementteinä asennetaan myös eroosiolaatan lokeroitipalkit. Valupaikalta laiturielementit nostetaan ja asennetaan oikeille paikoilleen nostorei'istä uivalla nosturilla. Elementit ovat pitkälti samoja, erilaisia kulmaelementtejä varten tarvitaan muotteihin tehdä vain pieniä muutoksia. Yksityiskohtaiset suunnitelmat elementtien valmistamista sekä asentamista varten jätetään urakoitsijan vastuulle. Vaurioituneita elementtejä saa käyttää lopullisiin rakenteisiin työnvalvojan luvalla, jos viat ovat vähäisiä, muutoin lohjenneet kohdat

korjataan erikseen hyväksyttäviä menetelmiä käyttäen. Näkyvissä pinnoissa ei saa olla liikaa ulkonäköä haittaavia paikkausjälkiä. Ennen elementtien täyttöjä saumaelementtien sekä kulmaelementtien etuseinien ripojen välinen rako valetaan sementtilaastilla, jotta rakenteesta tulisi riittävän tiivis.

5.9.7. Betonityöt

Valmiin, lopullisen betonirakenteen vaadittavien ominaisuuksien varmistamiseksi on betonitöiden suoritukseen sekä jälkihoitoon kiinnitettävä erityistä huomiota. Materiaalikoekiden lisäksi työmaalla tarkistetaan muotit, varusteet, raudoitukset sekä hyväksytetään betonointisuunnitelmat ennen valuja. Betonimassan erottuminen on estettävä kuljetuksissa ja käsittelyssä. Betonointi suoritetaan vaakasuorin, noin 30 cm paksuin kerroksin ja massa tiivistetään järjestelmällisesti. Työsaumat puhdistetaan huolellisesti ennen valun jatkamista, liikuntasaumojen betonipinnat erotetaan toisistaan bitumihuovalla, joka kiinnitetään ensiksi valettuun betonipintaan liimaamalla kuumabitumilla.

Näkyviin jäävät, laudoittamattomat betonipinnat hierretään tasaiseksi puulla. Valmiiden näkyvien pintojen tulee täyttää "Betonipintojen luokitusohjeiden" (BY13) luokalle 2 asetetut vaatimukset, peittyvät pinnat ovat luokkaa 3. Pintojen on oltava myös riittävän tasaisia, että vesi virtaa suunniteltujen kallistusten suuntaan. Pintojen, joiden kallistuksia suunnitelmissa ei ole mainittu, minimikallistuksena käytetään 0,5 %. Jälkihoitona pinnat pidetään valun jälkeen kostein kahden viikon ajan, talvella betoni peitetään ja pidetään lämpimänä kunnes vaadittu jäätymisluku saavutetaan. /6/

Uppobetonin valu suoritetaan käyttäen ns. Contractor – menetelmää tai vastaavalla tavalla pumppaamalla. Tällä voidaan varmistaa, ettei betonin sideaine liiaksi huuhtoudu, tai vesi sekoitu betoniin näin huonontaa sen ominaisuuksia. Contractor - valussa tiiviitä teräksisiä valuputkia pidetään jatkuvasti riittävästä betonimassan sisällä, jolloin vain ensin valettu kerros joutuu suoraan kosketukseen veden kanssa. Kun putket ovat oikealla etäisyydellä toisistaan, parhaimmassa tapauksessa pintakerros nousee yhtenäisenä ja se voidaan myöhemmin poistaa. Valu onnistuu parhaiten, kun nousunopeus on välillä 0,3...1,0 m/h, eikä vettä saa päästää missään vaiheessa putkeen. Putkien etäisyydet toisistaan sekä muotin seinistä on etukäteen suunniteltava, sekä betonimassan ominaisuudet oltava menetelmään sopivia. /6/ Eroosiolaattaa valettaessa käytetään vaakasuunnassa siirrettäviä valuputkia. Tällöin betonin laatu pääsee hieman huononemaan, mutta tällä ei

ole suurta merkitystä, koska eroosiolaatalla ei ole suuria lujuusvaatimuksia. Yhtenäisen betonilaatan aikaansaamiseksi erityistä huomiota on kiinnitettävä laatan liittymiseen elementtien reunoihin ja nurkkiin.

5.9.8. Teräsrakennetyöt

Betonirakennetöitä vastaavasti myös teräsrakenteiden työstämisen aikana on noudatettava sellaisia työmenetelmiä, etteivät perusaineen lujuus-, sitkeys- yms. ominaisuudet huonone. Työmenetelmiä ovat mm. leikkaus-, muotoilu-, taivutus- ja muut työstömenetelmät. Teräsosiin ei saa aiheuttaa halkeamia tms. rakennevikoja. Hitsisaumojen toleranssien sekä laatuluokitusten toteutuminen tarkastetaan silmämäärin.

6. AW–terminaalin vesirakenteiden mitoitus ja laskelmat

6.1. Sataman luonnonolot

Kokkolan Ykspihlajan Kantasatama sijaitsee suojaisessa paikassa Kokkolan kaupungin edustalla. Rannikon saaret ovat sataman suojana lännessä ja aallonmurtajana toimiva öljylaituri luoteessa, joten tuulen ja aallokon vaikutus jää pieneksi.

6.1.1. Pohjaolosuhteet

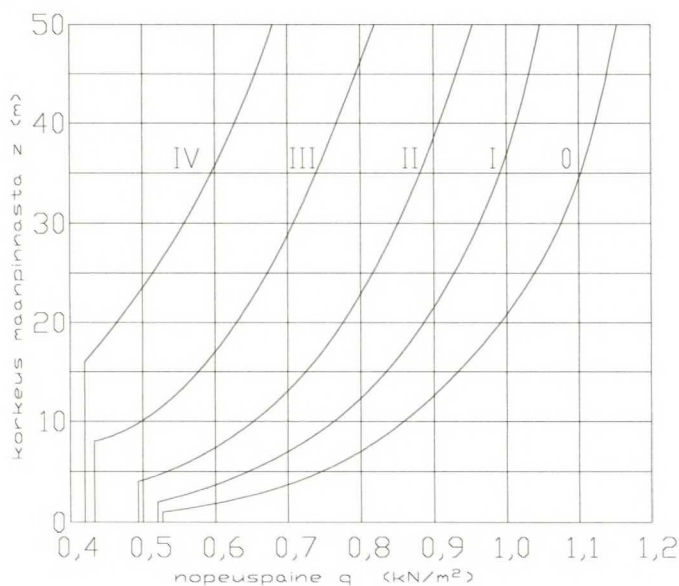
Meren pohja rakennettavalla alueella on keskimäärin tasovälillä -8,9..-11.4 (NN), kun nykyiset laiturikentät ovat noin tasolla +4,1..+1,9. Meren pohja koostuu noin 1..2 metrin paksuisesta löyhästä tai pehmeästä maakerroksesta, joka painokairausvastuksen perusteella arvioituna on joko silttiä, savea tai lietettä. Tämän kerroksen alla on tiiviimpi maakerros, joka painokairausvastuksen perusteella arvioidaan olevan tiivistä hiekkaa tai hiekkamoreenia. Laiturialueella sekä lastausaltaassa kalliopinta löytyy kairaustietojen perusteella noin tasolta -10,0..-14.0 (NN).

6.1.2. Tuulet

Satamissa tuulikuormat eivät yleensä aiheuta suuria voimia vähäisen tuulipinta-alan ja raskaiden rakenteiden takia. Tuulikuorma vaikuttaa normaalisti laiturirakenteeseen lähinnä laiturissa olevan aluksen, jolla on suuri tuulipinta, hankausvoimana, mutta hallissa suuremmaksi osin sisällä olevaan alukseen ei tuuli vaikuta. Laivan saapumista laituriin tuuli saattaa vaikeuttaa lisäämällä laivan nopeutta ja samalla aluksen törmäysenergiaa. Tuuli saattaa välillisesti vaikuttaa myös aallokon kautta.

Tuulikuormalle alttiina oleville pinnoille käytetään Rakenteiden kuormitusohjeiden RIL 144 kohdan 4.2 menettelyä tuulikuormien määrittämiseksi. Satamaa voidaan pitää kuuluvan maastoluokkaan I, laaja avoin alue, vaikkakin satunnaisia esteitä, kuten varastorakennuksia, puita jne. on tietyissä tuulen suunnissa. Tuulen nopeuspaine saadaan joko kuvasta 15 tai vastaavasti kaavasta 6.1. /9/

$$q = 0,77 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,20} \tag{6.1}$$



Kuva 15. Tuulen nopeuspaine eri maastoluokissa. /9/.

6.1.3. Lumi

Lumikuormalla ei ole normaalisti suurta merkitystä laiturirakenteille. Lumikuormien suhteellinen osuus muihin kuormiin on varsin pieni, varsinkin kun satamissa mereltä puhaltava tuuli puhaltaa.. Lisäksi laiturit pyritään pitämään lumesta puhtaana, että työskentely alueella olisi mahdollisimman helppoa. Kuitenkin rakenteille, jotka sijaitsevat laiturilla, lumikuorma saattaa vaikuttaa. Tällöin on kenties otettava huomioon välillisesti rakennuksen perustusten kautta laituria rasittavat kuormat. Lumikuormat lasketaan Rakenteiden kuormitusohjeiden mukaisesti. /9/

6.1.4. Aallot

Aallokon aiheuttamat kuormat laiturirakenteelle aiheutuvat rakennetta vastaan murtuvan tai siitä heijastuvan aallon aiheuttamista voimista. Tämän lisäksi rakenteen eteen saattaa syntyä seisova aaltoliike, joka aallon laakson ja harjan kohdalla vaikuttaa rakenteeseen erisuuntaisilla voimilla.

Itse aallokon korkeus riippuu tuulen suunnasta sekä sen nopeudesta, että sen maksimipyyhkäisymatkasta, eli suurimmasta esteettömästä matkasta, mistä tuuli voi puhaltaa. Tuulen esteinä voivat toimia puut, rakennukset, saaret jne. Aallokon vaikutus itse laiturirakenteeseen on pieni, mutta mereltä puhaltavat tuulet saattavat synnyttää laiturissa seisovaa laivaa heiluttavan aallokon. Myös reunapenkereitä suojaavien verhousten

lohkarekoon suunnittelussa mitoittavat aallonkorkeudet on otettava huomioon. Normien mukaan tuulen pyyhkäisyalalla ja nopeudella on seuraavat yhteydet: /9/

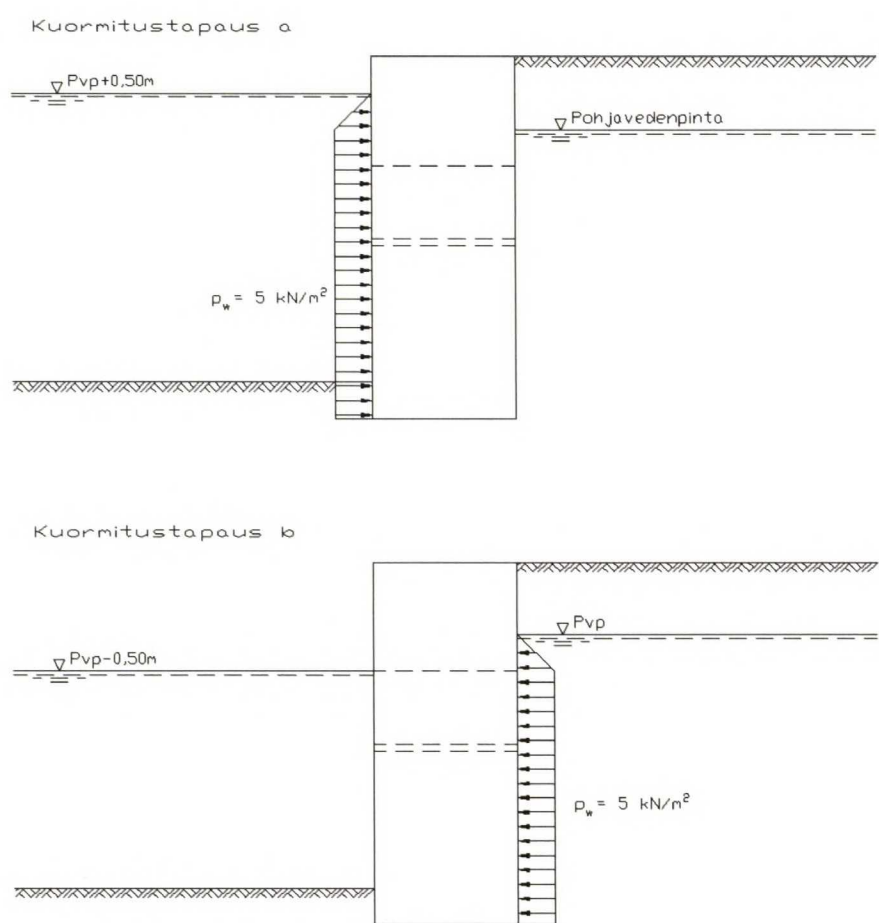
- $L_F \leq 10 \text{ km}$ $\rightarrow v_t = 32 \text{ m/s}$
- $10 \text{ km} \leq L_F \leq 30 \text{ km}$ $\rightarrow v_t = 31 \text{ m/s}$
- $30 \text{ km} \leq L_F \leq 100 \text{ km}$ $\rightarrow v_t = 30 \text{ m/s}$
- $100 \text{ km} \leq L_F \leq 300 \text{ km}$ $\rightarrow v_t = 29 \text{ m/s}$
- $L_F \geq 300 \text{ km}$ $\rightarrow v_t = 28 \text{ m/s}$

6.1.5. Vesi

Itämeren vedenpinnan vaihteluihin vaikuttaa pääosin ilmanpaine, tuuli, virtaus Tanskan salmien läpi sekä talvella merijään tuomat vaikutukset. Vuorovesivaihtelu Suomessa jää vain muutamiin senttimetreihin. Kokkolan vesisyvyyttä laskee myös läpi sataman historian haitannut maan kohoaminen, joka voi olla lähes 8 mm/vuosi. Tuulen vaikutus riippuu tuulen suunnasta ja voimakkuudesta, korkea ilmanpaine painaa vedenpintaa alaspäin sekä talvella laaja jääpeite laskee keskimäärin vedenpintaa, että pienentää sen vaihteluita. Vedenpinnan tasossa sekä sen vaihteluissa on selvää jaksollisuutta, mutta vedenpinta saattaa vaihdella myös lyhyessä ajassa. Perämerellä voi olla keskimäärin 0,25 m/h ja 0,80 m/d, Selkämerellä 0,20 m/H ja 0,60 m/d. /10/ Rakennusnormien mukaan veden mitoituskorkeutena käytetään sitä korkeutta, jota todennäköisyydellä 0,98 rakenteen suunniteltuna käyttöaikana ei ylitetä eikä aliteta. /9/ Merentutkimuslaitos ylläpitää tilastoja vedenkorkeuksista, liitteessä 3 on esitetty vuoden 2000 jakaumat eri havaintoasemalla.

Vedenkorkeus on jatkuvassa muutoksessa, varsinkin Pohjameren alueella, jossa maan kohoaminen vaikuttaa suuresti. Merentutkimuslaitos pitää yllä tilastoja mittausasemiensa vedenkorkeuksien jakaumista. Näiden perusteella voidaan laskea teoreettisen keskiveden korkeus joka vuodelle. Monet kiinteät korkeusasemat, tai esimerkiksi pohjatutkimukset ovat näin hankalasti verrattavissa jatkuvasti muuttuvaan keskiveden korkeuteen. Tämän vuoksi on tavallista, että kiinteät korkeusasemat on sidottu kiinteisiin korkeusjärjestelmiin. Korkeusjärjestelmät vaihtelevat alueellisesti ja näitä käytettäessä on muistettava verrata niitä aina sen hetkiseen teoreettiseen keskiveteen. Kokkolan satamassa käytetty korkeusjärjestelmä on NN. Liitteeseen 4 on koottu eri korkeusjärjestelmiä.

Umpinaiset laiturirakenteet mitoitetaan vedenpaineelle kuvan 16 mukaisesti, kun vesialue oletetaan suojaiseksi. Mahdollisen tuuliaallokon, nopean vesiliikenteen tai tulvan vaikutusta ei ole huomioitu. Vedenpaineen lisäksi on huomioitava vastaavasta vedenkorkeudesta aiheutuva noste rakenteisiin. Satama-alueen virtauksista ei yleensä ole tarkempia mittauksia, mutta suojaosan sataman altaan ja laiturialueen mitoittavaksi virtausnopeudeksi voidaan olettaa tarkempien tietojen puutteessa tavanomaiseksi osoittautunut $v_w=0,7$ m/s. Satamissa, jotka sijaitsevat jokien varrella tai näiden suistossa, veden virtausnopeudet saattavat olla suurempia. Tällöin tarvitaan tarkempia mittaustuloksia.



Kuva 16. Vedenpaine laiturirakenteissa /9/.

6.1.6. Jää

Kokkolan Kantasatama on varsin suojaisessa paikassa, jossa on vielä suhteellisen vilkas vesiliikenne läpi vuoden. Liikenne pitää satama-alueen ja sinne johtavan väylän sulana. AW–terminaalin läheisyydessä altaassa kierrätettävä vesi hidastaa jään muodostumista

myös laiturin välittömässä läheisyydessä. Mitoittavana jääkuormana voidaan käyttää sellaista kuormaa, joka keskimäärin todennäköisyydellä 0,98 ei ylitä rakenteen suunniteltuna käyttöaikana tai esimerkiksi kerran 30 vuodessa esiintyvää jäänpaksuutta. Normien mukaan Kokkolan satamassa kiinteän jään paksuus on 0,80 m. /9/ Normien mukaista jääpaksuutta tukevat myös tilastot jäätalvista läheiseltä Pietarsaaren Mässkärin mittauspaijalta. /11, 12/ Keväällä ajelehtivien jäälauttojen paksuutena voidaan pitää 30 cm. Koska suurten jäälauttojen muodostumista laiturin läheisyyteen ei pääse tapahtumaan, suuria jääkuormiakaan ei pääse syntymään.

Jää saattaa kuormittaa laiturirakenteita monella tavalla. Kiinteä jäälautta kiinnittyneenä laiturirakenteeseen saattaa aiheuttaa sekä vetäviä että puristavia voimia. Tuulen, aaltojen ja veden virtauksen painaessa jäälauttaa vasten rakennetta, syntyvä voima on riippuvainen paitsi edellisten voimakkuudesta, myös rakenteen muodosta sekä itse jäälautan koosta. Vastaavasti liikkuva jääkenttä voi ajautua päin kiinteää rakennetta. Myös laiva kiinnittyessään laituriin voi puristaa jäälauttaa vasten rakenteita. Suuri jääkuorma syntyy myös kiinteästä seisovasta jäälautasta, joka ilmojen lämmitessä laajenee sekä samalla aiheuttaa lauttaa rajoittaviin rakenteisiin suuriakin kuormia. Jääkuorman vaakaresultantin oletetaan vaikuttavan pisteessä, joka on syvyydellä $h/3$ ehyen paksuudeltaan h jääpeitteen yläpinnasta. Vedenpinnan vaihdellessa rakenteeseen kiinnijäätynyt jäälautta aiheuttaa vedenkorkeuden muutoksesta riippuen rakenteeseen joko ylöspäin tai alaspäin suuntautuvan kuorman, sekä kuormaa vastaavan momentin. /9/

Koska allas on jatkuvasti sula, voi jää kuormittaa vain laiturin johderakenteen tihtaaleita ja pistolaiturin merenpuoleista reunaa. Näiden jääkuormitukset ovat erilaiset rakenteiden erilaisen muodon vuoksi, pistolaituri on seinämäinen ja tihtaali yksittäinen pilarimainen rakenne.

Pistolaituriosalle saadaan normien mukaan laskettua seuraavat jääkuormat: /9/

- | | |
|---|-----------|
| - lämpötilan kohoamisen johdosta laajenevan jääkentän aiheuttama pystyseiniään kohdistuva vaakakuorma | 200 kN/m |
| - rakennetta vasten pysähtyneen jäälautan aiheuttama kuorma | 2 kN/m |
| - liikkuvien jäälauttojen aiheuttamat kuormat | 34 kN/m |
| - kiinnitarttuneen jään aiheuttama pystykuorma | 32 kN/m |
| - kiinnitarttuneen jää aiheuttama taivutusmomentti | 201 kNm/m |

Vastaavasti yksittäiselle tihtaalille saadaan:

- lämpötilan kohoamisen johdosta laajenevan jääkentän aiheuttama pystyseinään kohdistuva vaakakuorma	1 600 kN
- rakennetta vasten pysähtyneen jäälautan aiheuttama kuorma	200 kN
- liikkuvien jäälautojen aiheuttamat kuormat	1 711 kN
- kiinnitarttuneen jään aiheuttama pystykuorma	55 kN
- kiinnitarttuneen jää aiheuttama taivutusmomentti	168 kNm

6.2. AW–terminaalin ominais- ja hyötykuormat

Luonnonkuormien ja rakenteiden eri materiaalien omista painoista aiheutuvien kuormien lisäksi laituri- ja satamarakenteita rasittavat erilaiset käytöstä aiheutuvat hyötykuormat. Hyötykuormat riippuvat suuresti laiturin käyttötarkoituksesta ja niiden määrittämisessä, etenkin kuormien yhdistelyssä, on otettava huomioon lukuisia seikkoja. Osa AW–terminaalissa käytetyistä kuormista on ns. tavanomaisia laiturisuunnittelun kuormia, osa taas eroaa näistä suuruutensa, vaikutusalueensa ja/tai luonteensa puolesta suurestikin. /2/

6.2.1. Rakenteiden omat painot

Laiturirakenteen omapainoon luetaan kaikki niiden rakenteiden painot, jotka toimivat maanpainetta vastaan ja siirtävät laiturirakennetta rasittavat kuormat maapohjaan. Tällaisia rakenteita ovat tukimuurit, paalut, ponttiseinät jne. Myös laiturimuuri ja siihen tai sen päälle asennettavat varusteet, kuten pollarit ja fenderit lasketaan lopullisessa vaiheessa laiturin omaan painoon, joskin varusteiden vaikutus jää yleensä pieneksi. Lisänä näihin ns. tavanomaisempiin kuormiin, on nyt otettava huomioon myös hallilta pistolaituriosalle tulevat kuormayhdistelmät. Perustustason yläpuolisen täytetyn maanmassan painon vaikutus on myös huomattava laiturin mitoituksessa.

6.2.2. Mitoitusalus

AW–terminaalin mitoittavaksi alukseksi valittiin Bijlsma Trader 9000. Tämän päämitat ja mitoitusarvot ovat:

- kantavuus DW	9 500 dwt
- uppouma DT	13 000 t

- kokonaispituus L_{oa}	134,50 m
- äärimmäisten kaarten välinen pituus L_{bp}	127,20 m
- leveys B	16,50 m
- syväys D_{ra}	7,00 m
- korkeus merenpinnasta H	21,00 m

Näistä alusten tiedoista päästään laiturin vaadittavaan minimiharaussyvyyteen taulukon 2 perusteella. Laituri päätettiin harata lopulta syvemmälle, tasolle NN-10,00. Tällä haluttiin varautua ensisijaisesti siihen, että kun mitoitusalus saapuu altaaseen, se syrjäyttää suuren määrän vettä. Nyt vesi pääsee purkautumaan pois altaasta paineentasausaukkojen, sivun ja myös aluksen ja pohjan välistä, eikä nouse laiturille eikä myöskään aiheuta aaltoilua altaassa.

Taulukko 2. Minimiharaussyvyyden muodostuminen

1. Aluksen syväys levossa, tasakölillä ja tasaisella lastinjakautumisella	7,00 m
2. Lisäsyväys lastin epätasaisesta jakautumisesta ja laivan rakenteen	+0,10 m
3. Maksimisyväys levossa	7,10 m
4. Lisäsyväys epätasaisesta lastin jakautumisesta lastauksen ja purkamisen	+0,63 m
5. Pitkäperiodisten allasheilahtelujen aiheuttama painuma	+0,10 m
6. Maksimisyväys liikkeessä	+7,83 m
7. Vedenpinnan korkeus, pysyvyys 98 %	+0,46 m
8. Liettymisvara	+0,10 m
9. Haraustarkkuus	+0,05 m
10. Teoreettinen haraussyvyys	8,44 m
11. Vaadittava minimiharaussyvyys	8,50 m

6.2.3. Fenderikuormat

Laivalla on laituriin tullessa tietty liike-energia, joka on riippuvainen laivan koosta, nopeudesta sekä vallitsevista olosuhteista. Fendereiden tarkoitus on turvallisesti, vaurioittamatta laivaa sekä laiturirakennetta, vaimentaa liike-energiaa sekä siirtää

ylijäämä laiturirakenteille. Koska laiva ajaa sisään AWT – halliin johderakennetta pitkin, on tämän fenderirakenteiden oltava järeämpiä kuin itse hallin sisällä, jossa laivan nopeus on pienempi sekä olosuhteet paremmat.

Kun laivan on parkkeerattuna laiturissa, sen kylki nojaa fendereitä vasten. Tällöin laivaan vaikuttaa aallokko, tuuli, virtaus sekä jäät, jotka yhdessä laivan omien liikkeiden kanssa aiheuttavat fendereiden kautta laituriin myös pystysuuntaisia kuormia. Nämä rasitukset ovat tosin normaalisti pienempiä kuin ne, jotka laiva aiheuttaa tullessaan laituriin. Fenderikuormien laskentaan vaikuttaa ratkaisevasti aluksen tulonopeus $v = 0,2 \text{ m/s}$, jota ei saa ylittää laituriin tullessa. Tämä nopeus laivalla saa korkeintaan olla kun se ajaa kiinni johderakenteeseen, altaassa nopeus on jo pienempi.

Rakenteiden kuormitusohjeen mukaisesti lasketut aluksen hankauskuormat laiturin pituusyksikköä kohden ovat: /9/

- | | |
|--|-----------------------------|
| - vaakasuora tukeutumiskuorma | $F_{qs} = 5,3 \text{ kN/m}$ |
| - pituus- ja pystysuuntaiset hankausvoimat | $F_{qn} = 2,7 \text{ kN/m}$ |

Se osa liike-energiasta, joka rakenteen sekä aluksen rungon on vaimennettava, riippuu useista seikoista. Vaikuttavia muuttujia ovat mm. laivan dimensiot, fendereiden kumilaatu, meriveden tiheys, laiturirakenne sekä laivan tulokulma ja – nopeus. Itse laituriin, fenderiin ja alukseen vaikuttava reaktivoima R laivan saapuessa saadaan normien mukaan käytettävän fenderityypin kuormitus/muodonmuutoskäyrän avulla. Käyrästöjen lisäksi fenderitoimittajilla on kuormitusohjeita tarkempia laskutapoja. Laiturirakenteelle tuleva normaalienergia on laskettu esimerkkinä taulukkoon 3 fenderikuormien laskuun tarkoitetun ohjelman avulla. Ohjelman käyttämät kertoimet taulukossa ovat: /5/

- C_M on virtuaalista massaa vastaava suure. Tämä ottaa huomioon laivan rungon kitkan mukana kuljettaman veden vaikutuksen. Kun laiva pysähtyy, vedellä on vielä liikemäärää, joka jatkaa laivan painamista laituria vasten.
- C_E ottaa huomioon liike-energian häviämisen, joka aiheutuu laivan pyörimisliikkeestä. Tämä puolestaan johtuu epäkeskisyydestä, kun laivan törmäyspiste ei ole kohtisuoraan massakeskipistettä.
- C_C riippuu laiturirakenteesta ja varavedestä. Laivan ja laiturin väliin puristuva vesi toimii törmäystä pehmentävänä silloin, kun vesi ei mahdu virtaamaan

laiturirakenteen läpi tai laivan kölin alta.

- C_S on kerroin, jota käytetään silloin, kun fenderiä pidetään kovana. Tällöin oletetaan laivan rungon elastisen muodonmuutoksen absorboivan osan liike-energiasta.

Normaalinergiaan E_N vaikuttaa myös se nopeuden vektori, joka laivalla on tullessaan laituriin. Saatua arvoa verrataan esim. Trellekin valmiiseen fenderiyksikköön MV600A, jonka absorboidun energian sekä reaktiovoiman valmistaja on ilmoittanut metriä kohti. Altaassa yksikön pituus on 1,5 metriä, tihtaaleissa sekä altaan edustalla kaksi metriä. Laivaan kohdistuva runkopaine ko. yksiköille on 900 kN/m². Fenderien absorbointikapasiteetit ovat suuremmat kuin laivan törmäyksen aiheuttama normaalin energia:

Taulukko 3. Laivan liike-energian laskentataulukko. /5/

Fentek Marine Systems

PROJEKTIN TIEDOT

Projektin nimi	Kokkolan AWT - terminaali
Maa	Suomi
Projektin viite	DI - työ
Suunnittelija	Tommi Pitkälä

ALUKSEN TIEDOT

Alusluokka		Tankkeri
Kantavuus	dwt	10 000 t
Uppouma	M _D	13 000 t*
Kokonaispituus	LoA	134,0 m*
Äärimmäisten kaarten välinen pit.	L _{BP}	127,2 m*
Leveys	B	16,50 m*
Syväys	D	7,12 m*
Laidan korkeus	F	2,20 m*
Runkokerroin	C _B	0,849

LAITURIIN KIINNITTYMINEN

Kiinnittymistapa		Kiinnittyminen sivusta
Rakennetyyppi		Avoin rakenne
Epäkeskisyyden laskentatapa		Yksinkertaistettu laskenta
Vapaa vesi	K _D	2,00 m
Keulan etäisyys osumakohdasta	x	25,00 %
		31,80 m
Jähyhyssäde	K	34,51 m
Massakeskipisteen etäisyys	R	32,85 m
Tulokulma	α	5,00 deg
Nopeuden vektorikulma	γ	90,00 deg
Virtuaalisen massan kerroin	C _M	1,863
Epäkeskisyysskerroin	C _E	0,525
Laiturirakenteen kerroin	C _C	1,000
Pehmeyskerroin	C _S	1,000

KIINNITTYSENERGIA

Tulonopeus	V _B	200 mm/s*
Normaalinen energia	E _N	254 kNm 25,9 t-m

- $E = 1,5 \text{ m} \times 180 \text{ kNm/m} = 270 \text{ kNm} > E_N = 254 \text{ kNm}$
- $E = 2,0 \text{ m} \times 180 \text{ kNm/m} = 360 \text{ kNm} > E_N = 254 \text{ kNm}$

Vastaavat laituria kuormittavat reaktiovoimat fendereille ovat:

- $R = 1,5 \text{ m} \times 652 \text{ kN/m} = 987 \text{ kN}$
- $R = 2,0 \text{ m} \times 652 \text{ kN/m} = 1304 \text{ kN}$

6.2.4. Pollarikuormat

Kun laiva on saapunut laituriin, se kiinnitetään paikoilleen laituripollareihin kiinnitetyillä köysillä. Kiinnitetty laiva laiturissa aallokossa ja lastauksen aikana heiluessaan aiheuttaa fenderikuormien lisäksi myös laiturista poispäin suuntautuvia voimia, jotka tulevat köysien kautta pollareiden vastaanottamaksi. Koska laiva kiinnitetään normaalisti pääosin laivan keulasta ja perästä, ovat myös laiturin päädyissä sijaitsevat pollarit järeämpiä. AW-terminaalin pollarikuormiksi tuli laivakoon perusteella käyttäväksi 750 kN laiturin päädyissä ja 500 kN muualla. Normien mukaan aluksen kiinnitysvoimiin vaikuttavat kuormat ovat: /6/

- | | |
|--|---------------------------------------|
| - $W_k = F_w = C_F q A_v = 254 \text{ kN}$ | Tuulikuorma |
| - $P_{wt} = \mu_k p A W = 268 \text{ kN}$ | Virtauskuorma kohtisuoraan |
| - $P_{wl} = \mu_k p A W = 33 \text{ kN}$ | Virtauskuorma laiturin suunnassa |
| - $F_{aalto} = 93 \text{ kN}$ | Seisova aaltoliike kohtisuoraan |
| - $F_{aalto} = 23 \text{ kN}$ | Seisova aaltoliike laiturin suunnassa |

Tuulikuormat voidaan olettaa yhtä suuriksi sekä laiturin suunnassa, että sitä vastaan kohtisuorassa, koska laivan hallista ulos jäävä osa on likimain samansuuruinen molemmissa suunnissa. Yksittäiselle pollarille, sekä laiturin päissä oleville pollareille saadaan kiinnitysvoimiksi: /9/

$$F_{bt} = \frac{1,5(W_k + P_w)_t}{n} = 231 \text{ kN} \quad (6.2)$$

$$F_{bl} = \frac{1,5(W_k + P_w)_l}{0,5 \cdot n} = 233 \text{ kN} \quad (6.3)$$

$$F_v = F_{bl} \cdot \sin \beta = 164 \text{ kN} \quad (6.4)$$

$$F_{\max} = 366 \text{ kN}$$

$$F_{bt} = F_{bl} = 1,2(W_k + P_w) = 738 \text{ kN} \quad (6.5)$$

6.2.5. Tavarakuormat

Normaalin rantalaiturin tavarakuorma, eli tasainen hyötykuorma, joka muodostuu lähinnä lastausta odottavasta tai juuri laivasta puretusta tavarasta, on itse laituralueella verrattain

pieni, koska tavara kasataan varsinaiselle varastoalueelle. Riippuen laiturin tyypistä, tavarakuorma on kuormitusohjeiden mukaan yleensä pienten kappaletavaralaiturien 10 kN/m^2 aina suurten bulk - laiturien 40 kN/m^2 saakka. Taustakentillä tavarakuorma saattaa olla jopa 100 kN/m^2 . /9/ Sen sijaan halliterminaalissa, joissa tavarahan lyhytaikainen säilytys on järjestetty hallin sisällä, laiturin läheisyyteen kasattava tavara muodostaa tavanomaista suurempia kuormia. Kokkolan satamassa pintakuorman arvioitiin laiturin käyttötarkoituksen ja lastattavan tavarahan perusteella olevan 60 kN/m^2 .

6.2.6. Nosturi- ja työkonekuormat

Hallin siltanosturin lisäksi laiturilla on varauduttu myös autonosturin käyttöön. Autonosturilla on mahdollisuus nostaa vain laiturin maanpuoleiselta osalta. Nosturiin ja sen taakkaan ei hallissa vaikuta tuuli, joten aiheutuva kuorma on riippuvainen vain nostamisesta sekä tavarahan ja nosturin omista painoista. Nostamisen nopeus, ulottuma, sekä tukena toimivan alustan koko vaikuttavat noston aikana aiheutuviin rasituksiin. /2/ Tukijalan kuorma on 1000 kN alueelle, jonka koko on $1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$, tai vastaava akselikuorma on 1100 kN . Nämä nosturikuormat ovat vain ohjeellisia, satamassa käyttöönotettavien nosturityyppien aiheuttamat rasitukset on selvitettävä erikseen, sillä laiturin vakavuuden ja rakenteiden kantavuuden kannalta saattavat määrääviä olla joko nosturin kokonaispaino, tukijalan kuorma tai sen dimensiot.

Hallin päänosturin, kiinteän siltanosturin kapasiteetti on 50 tonnia ja jänneväli jopa 60 metriä. Tällainen jänneväli vaatii varsin järeän rakenteen itse nosturilta, mutta myös tukirakenteelta. Tukipilarit sekä siltanosturipalkki koostuvat teräslevyistä. Hallin rakenne-suunnittelija toimitti vesirakennussuunnittelijalle siltanosturin ja hallin yhdistettyjen kuormien mitoittavat tukireaktiot pistolaiturin perustuksille.

6.2.7. Hallilta tulevat kuormat

Hallin kaikki omat sekä siihen vaikuttavat kuormat tulevat kaikki, kuten missä tahansa rakennuksissa, perustusten ja sitä kautta perusmaan tai kallion kannettavaksi. Koska tällaisen suuren rakennuksen kaikkien kuormien sekä kuormitustapausten staattinen ratkaiseminen on monimutkaista ja työlästä, on hallisuunnittelija tehnyt rakenteesta FEM – mallin StaadPro–ohjelmaa hyväksikäyttäen. Eri kuormitustapausten aiheuttamat tukireaktiot laiturin pistolaituriosalle sekä pää- että tukipilareista on sitten luovutettu vesi-

rakennesuunnittelijalle. Eri kuormitusyhdistelmien aiheuttamat mitoittavat tukireaktiot hallin merenpuoleiselle pääpilarille on kerätty rakennesuunnittelijan luovuttamasta tulosteesta alla olevaan taulukkoon 4.

Taulukko 4. Hallin pilareilta pistolaiturille tulevat kuormat

Kuormat yhdistelmässä	F _x [kN]	F _y [kN]
P/T-	-38,163	65,828
P/-T+	53,260	-193,067
P/0,5L/T-/N _{vas}	-63,542	872,110
P/0,5L/-T+/N _{oik}	40,119	1,34E3

- Pysyvä kuorma P
- Tuulikuorma T (+ paineen puoli, - imun puoli)
- Lumikuorma L
- Nosturikuorma N (oikealta tai vasemmalta)

6.2.8. Törmäyskuorma

Koska laivan ohjauksessa saattaa käydä inhimillisiä virheitä, laiva saattaa saapua laituriin liian suurella nopeudella tai väärässä asennossa. Laiturin suunnittelussa ei kannata ottaa huomioon kaikkia mahdollisia törmäyksiä jo taloudellisista seikoista johtuen. Tärkeintä mahdollisen törmäyksen sattuessa on, että vaurioituneet laiturirakenteet ovat helppo ja kustannuksiltaan edullista korjata. Mitoituksessa tämä tarkoittaa lähinnä sitä, että laiturin stabiliteetti ei kärsi kovastakaan törmäyksestä, vaan vauriot rajoittuvat lähinnä fenderi- ja kansirakenteisiin. Esimerkiksi tihtaalin kaatuminen tulisi huomattavasti kalliimmaksi kuin fenderin vaihtaminen ja kansirakenteen betonin korjaaminen. Laivan törmäysenergiaa voidaan arvioida samoin kuten fendereiden mitoituksessa ja sen vaikutusta rakenteen kokonaisstabiliteettiin tai yksittäiseen rakenneosaan harkitaan tapauskohtaisesti.

6.3. Geoteknilliset laskelmat

6.3.1. Laskentaperusteita

Kaikki laiturin osat - rantalaituri, pistolaituri ja tihtaalit – on tarkastettava useille eri kuormitusyhdistelmille sekä itse maan kantavuuden, että stabiliteetin (liukuminen ja kaatuminen) kannalta hetkellisissä ja pitkäaikaisissa tilanteissa, vieläpä useissa eri rakentamisen vaiheissa. Esitettävät laskelmat on siksi tässä rajattu perusrakenteen

lopullisiin mitoittaviin kuormitusyhdistelmiin. Laskelmien suoritustapa pysyy eri rakennusvaiheissa kuitenkin samanlaisena, kun taas kuormat ovat erisuuruisia ja -suuntaisia.

Rakenteet on valittu siten, että kantavien kulmaelementtien k/k – etäisyys on kymmenen metriä. Näin ranta- ja pistolaituriosien perusjaksolle tuleville kuormille lasketaan yläpuolisen kansirakenteen, varusteiden, maan paino, maan paine sekä muut vastaavat kuormat viiden metrin matkalta kulmaelementin keskeltä molemmille puolille, jäykän kansirakenteen sekä elementtien jakaessa kuormat oletetusti tasaisesti. Kahden elementin pohjalaatan välissä olevan maan katsotaan leikkautuvan kitkakulmassa, joten tätä osaa ei oteta mukaan laskelmiin. Ankkurilaattojen katsotaan murtovaiheessa leikkaavan maata samoin, kitkakulman mukaan. Tihtaalien keskeltä keskelle etäisyys on 25 metriä, muutoin tihtaali mitoitetaan samojen periaatteiden mukaan. Laskentaesimerkkien poikkileikkaukset pisto- ja rantalaitureiden osalta ovat altaan keskilinjalta.

Pohjarakennusohjeessa kokonaisvarmuuskertoimeksi liukumista ja kaatumista vastaan on vaadittu vähintään 1,5 sekä varmuudeksi maapohjan murtumista vastaan 2,0. AWT –terminaalin rakenteeseen on suunniteltu aiheutuvan vain vähäisiä siirtymiä, joten geoteknisissä laskelmissa kokonaisvarmuuslukuvaatimukseksi on projektissa valittu 1,8 mainittujen tärinävarmuuskertoimien lisäksi. /17/

6.3.2. Maanpaineet

Tukimuurirakenne on kuormitusohjeiden siirtyvä jäykkä rakenne, joten rakennetta rasittava maanpaine huomioidaan aktiivi/passiivipaineena. Rakenteen ja maan väliseksi kitkaksi voidaan olettaa $0,5 \Phi$, missä Φ on maan sisäinen kitkakulma. Koska hallin sisällä on itse toimintavaiheessa jokseenkin jatkuvaa liikennettä, on geoteknisissä laskelmissa käytetty aktiivipaineelle tärinälisää +25 %, sekä vähennetty passiivipuolelta -20 %. Tärinän vaikutuksesta aktiivisen maanpaineen resultantti oletetaan horisontaaliseksi. /17/

Laiturin taustatäyttö tehdään kokonaisuudessa hiekasta, jonka ominaisuudet ovat (suluissa olevissa lukuarvoissa ei ole otettu huomioon tärinän vaikutusta):

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| - Tilavuuspaino ilmassa | $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ |
| - Tilavuuspaino vedessä | $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$ |
| - Kitkakulman ominaisarvo | $\Phi = 32,5^\circ$ |

- Aktiivinen maanpainekerroin $K_a=0,35$ (0,27)
- Passiivinen maanpainekerroin $K_p=3,79$ (6,00)

6.3.3. Maapohjan kantavuus

Koska laiturirakenteen perustusten alta poistetaan kaikki huonokantoiset maalajit niin syvältä, kuin ne lähtevät ruopattaessa kuokkaruoppaajalla, voidaan jäljelle jäävän perusmaan tiiviyydestä olla varmoja. Tarvittaessa kovan pohjan ja laiturin perustustason väliin tasataan sekalouheesta #0...300mm pohjapenger. Laiturielementtien alusta tasataan hienolouheella #20...100mm perustamistasoon. Louhealustan alle jäävän perusmaana toimivan tiiviin hiekka- tai hiekkamoreenimaakerroksen kitkakulma on ruoppauksen jälkeen, sekä painokairausvastusten perusteella $\Phi = 38^\circ$. Maakerroksen tilavuuspainoiksi oletetaan, kuten hiekkatäytöllekin, kuivana $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ ja vedessä $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$.

Maapohjan kantavuuden kannalta määräävät kuormitusyhdistelmät syntyvät rantalaituriosaan, kun rakenteita rasittaa täysi pintakuorma myös laiturielementin päällä. Pistolaituriosalla puolestaan hallilta tulevissa kuormissa on mukana hallisuunnittelijalta saadut reaktiivoimat, joissa on mukana mm. lumi- ja siltanosturikuormat. Tihtaalin pohjaa approksimoidaan kantavuuslaskelmissa neliöllä, jonka pinta-ala on sama kuin alkuperäisen pohjan ala. Eroosiolaatta tukee rakenteita laskuissa laatan ja alusmurskeen välisen kitkan avulla. Mitoittavat kuormitustapaukset maapohjan kantavuuden laskennan kannalta pystykuormille on koottu taulukkoon 5 ja vaakakuormille taulukkoon 6. Kuormien resultanttien etäisyydet pohjalaatan etureunasta on taulukossa suluissa varsinaisen voiman perässä. Kuormitustapauksia eri laiturinosille on havainnollistettu kuvissa 17 - 19, joissa on myös esitetty kuormaresultantit sekä pohjapaineiden tasaiseksi oletetut jakautumiset.

Taulukko 5. Maapohjan kantavuuden mitoittavat pystykuormat

Pystykuorma V	Tihtaali [kN], [m]	Rantalaituri [kN], [m]	Pistolaituri [kN], [m]
Hiekkatäyttö	5 065 (4,38)	8 105 (4,55)	7 355 (4,25)
Elementti/Tihtaali	1 355 (4,38)	1 035 (3,10)	1 360 (4,25)
Kansirakenne	1 170 (4,38)	720 (1,57)	1 580 (4,11)
Pintakuorma	-	3 660 (4,46)	-
Johderakenne/halli	390 (7,05)	-	-195 (2,82)
Yhteensä	7 980 (4,51)	13 520 (4,26)	10 100 (3,99)

Pohjamoreenin kantavuutta arvioidaan DIN-normin käytäntöä vastaavalla tavalla kokonaisvarmuuskerroinmenettelyä soveltaen. Kitkamaan kantokyky saadaan seuraavasti: /13/

$$q_{of} = \gamma_1' D N_D s_D i_D + \gamma_2 B_t N_B s_B i_B \tag{6.6}$$

- D=0,98 on rakenteiden perustamissyvyys (eroosiolaatta + murske)
- N_D=47,0 ja N_B=35,5 ovat kantavuuskertoimia pohjamoreenille
- s_D ja s_B ovat perustusten muotokertoimia
- i_D ja i_B ovat kuormitusresultanttien kaltevuuskertoimia
- B_t on perustuksen tehokas leveys

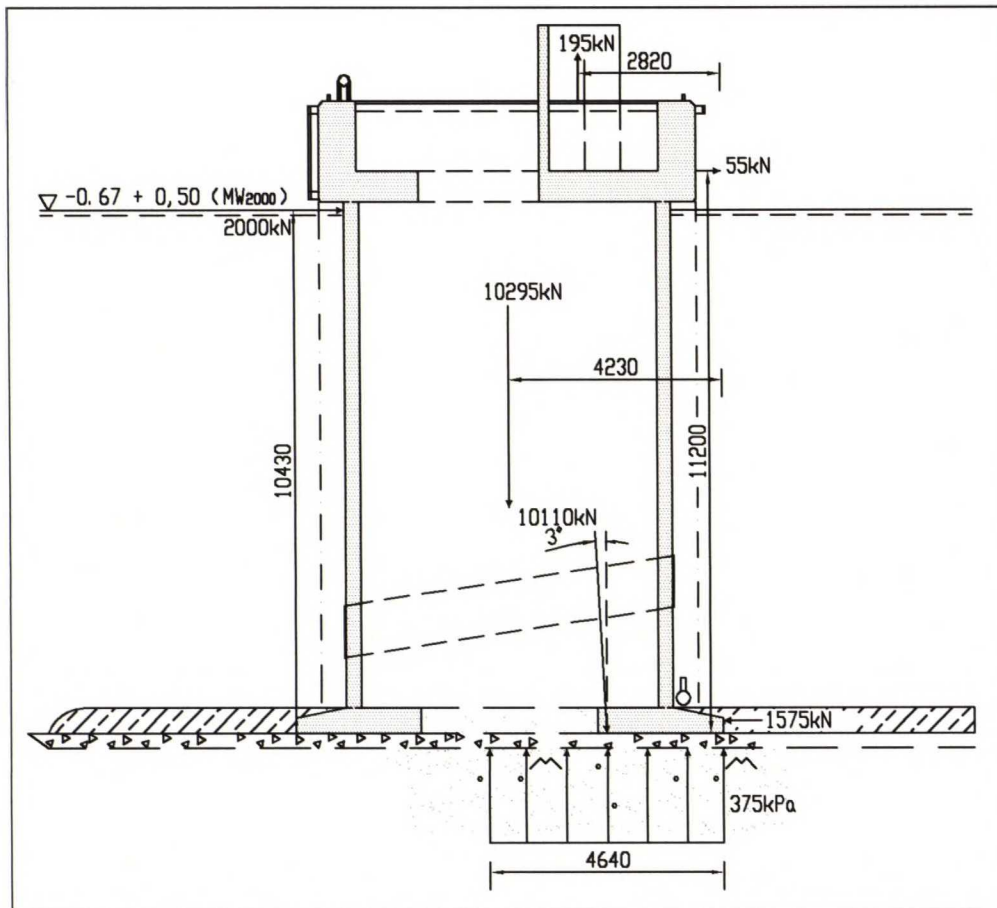
Taulukko 6. Maapohjan kantavuuden mitoittavat vaakakuormat

Vaakakuorma H	Tihtaali [kN], [m]	Rantalaituri [kN], [m]	Pistolaituri [kN], [m]
Aktiivipaineet	-	6 315 (5,23)	-
Vedenpaine	-	510 (5,09)	-
Pollari/jääkuorma	1 710 (10,43)	500 (13,10)	2 000 (10,43)
Ankkurivoima/Halli	-	- 1 965 (10,98)	55 (11,20)
Eroosiolaatta	-	- 1 575 (0,25)	- 1 575 (0,25)
Yhteensä	1 710 (10,43)	3 785 (5,34)	480 (43,92)

Koska tarkasteltava maa on murskeen alla olevaa moreenia, oletetaan paineen jakautuvan perustusten alla murskeessa 2:1–suhteessa. Tehokkaaseen leveyteen sekä pituuteen voidaan myös lisätä murskeen paksuus 30 cm. Perustamistasoa, joka on siis murskeen sekä eroosiolaatan alla, approksimoidaan betonin ja perusmaan vedenalaisten tilavuuspainojen avulla siten, että tiheämmän eroosiolaatan paksuutta suurennetaan näiden suhteessa. Saatua kantokyvyn arvoa on verrattava pystykuormien ko. tehokkaalle alalle aiheuttamaan tasaiseksi oletettuun jännitykseen. Kantavuuslaskelmat eri laiturinosille on koottu taulukkoon 7.

Taulukko 7. Maapohjan kantavuuden laskenta /13/

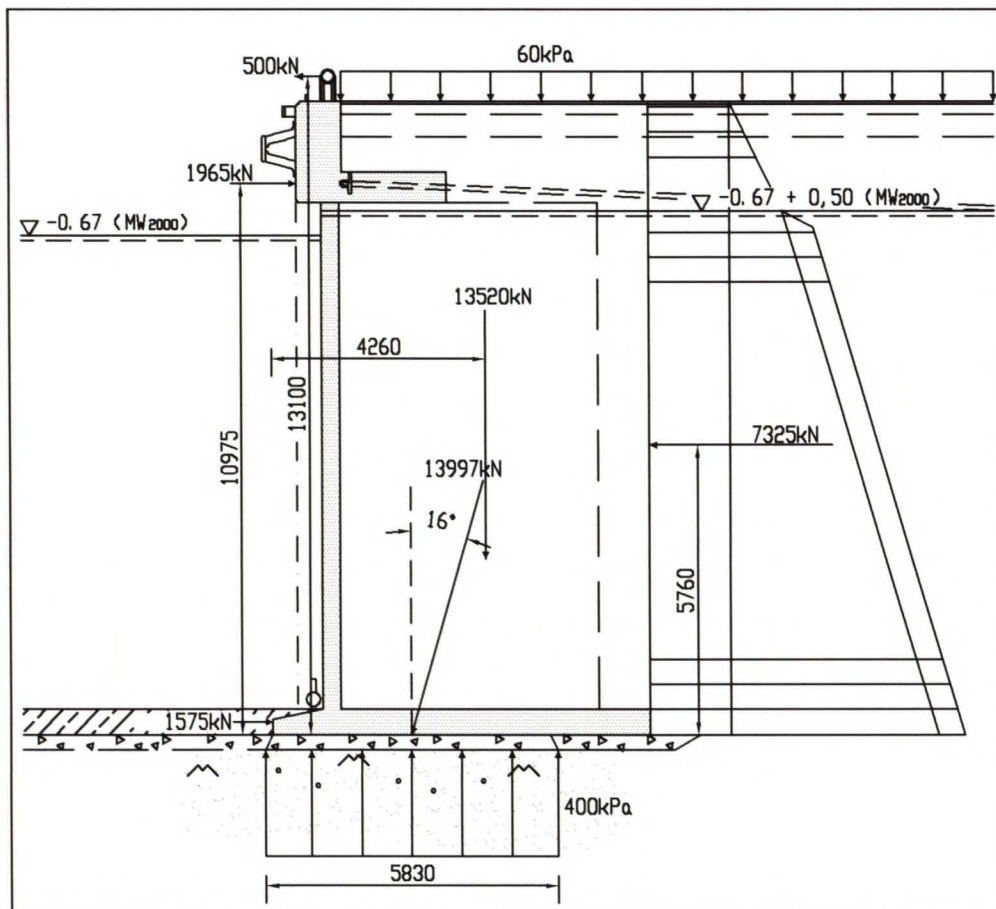
	Tihtaali	Rantalaituri	Pistolaituri
B _t	3,27 m	5,83 m	2,47 m
L _t	7,96 m	5,80 m	5,80 m
s _D	1,25	1,62	1,26
s _B	0,88	0,70	0,87
i _D	0,61	0,52	0,86
i _B	0,48	0,37	0,80
q _{of}	935 kN/m ²	1 020 kN/m ²	1 875 kN/m ²
p _{pave}	305 kN/m ²	400 kN/m ²	375 kN/m ²
Varmuuskerroin	3,07	2,55	5,00



Kuva 17. Pistolaiturin maapohjan kantavuuden laskenta.

6.3.4. Painuminen

Siltasuunnittelun pohjarakenneohjeiden mukaan painumalaskentaa ei tarvitse suorittaa, kun pysyvän kuorman sekä pystysuoran liikennekuorman perustuksen tehokkaalle pinta-alalle aiheuttama tasainen pohjapaine keskitiiville moreenille alittaa 0,5 MPa. Koska millään kuormitusyhdistelyllä tasainen pohjapaine ei ylitä kyseistä arvoa ($p_{\max}=400\text{kPa}$), eikä pohjamaan painumaominaisuudet tai kerrospaksuudet merkittävästi vaihteile, ei ole tarpeen suorittaa tarkempia painumalaskelmia. /13/



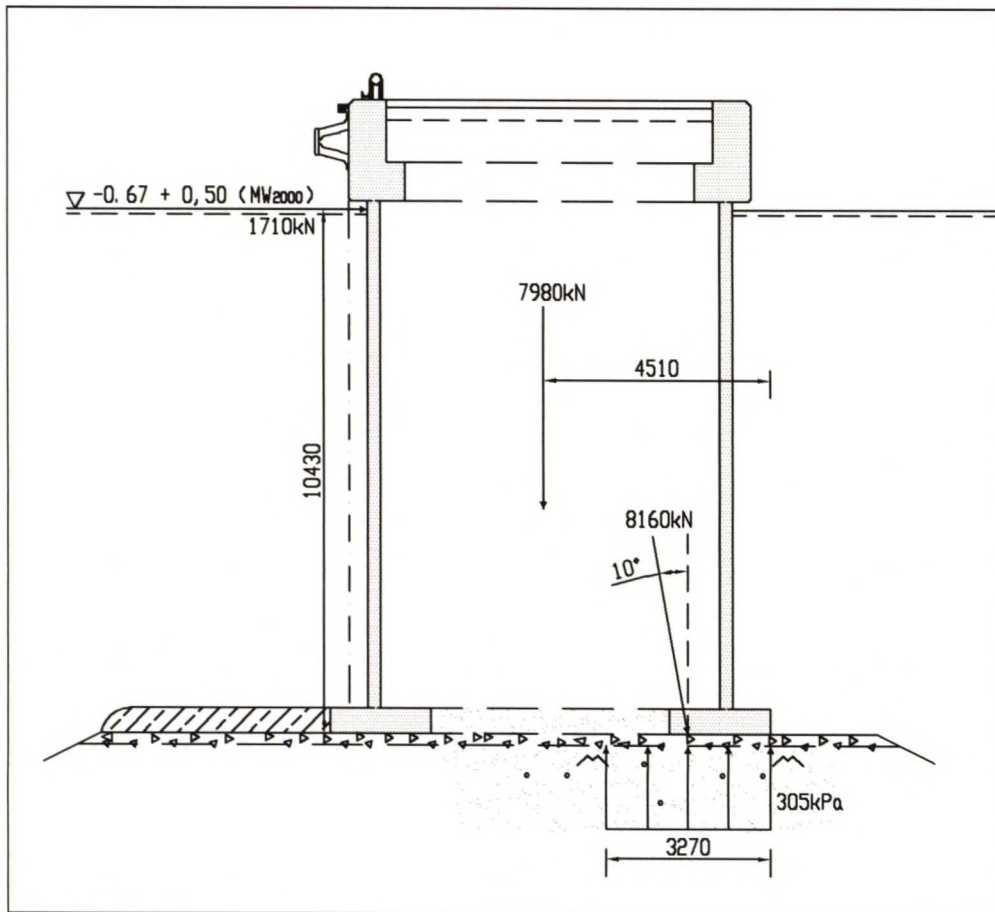
Kuva 18. Rantalaiturin maapohjan kantavuuden laskenta.

6.3.5. Liukuminen

Laiturirakenteen liukumisen oletetaan tapahtuvan alustana olevan sepelin päältä. Sepelin sekä laiturirakenteen välisenä liukumiskertoimen voidaan käyttää sepelin sisäisen kitkakertoimen $\Phi=42^\circ$ tangenttia. Liukumista vastustava kitkavoima saadaan laskettua tämän tangentin ja pystykuormien tulona. Liukumistarkastelun määräävät kuormitusyhdistelmät ovat samat tihtaalin sekä pistolaiturin osalta samat kuin kantavuustarkastelussa. Rantalaiturin osalta tasainen pintakuorma vaikuttaa nyt vain laituri-elementtien taustalla. Liukumistarkastelu on koottu taulukkoon 8.

Taulukko 8. Laiturien liukumistarkastelu

	Tihtaali [kN]	Rantalaituri [kN]	Pistolaituri [kN]
Pystykuorma	7 980	9 860	10 100
Vaakakuorma	1 710	3 785	480
Kitkavoima	7 185	8 880	5 985
Varmuuskerroin	4,20	2,35	18,95



Kuva 19. Tihtaalín maapohjan kantavuuden laskenta.

6.3.6. Kaatuminen

Kaatumistarkastelussa määräävä kuormitusyhdistelmä rantalaiturille syntyy, kun pintakuorma on elementtien takana, pollarikuorman ja vedenpaine-eron vaikuttaessa. Pistolaituriin vaikuttaa terminen jäänpaine. Kaatumista vastustaa pistolaiturissa sekä tihtaa-leissa eroosiolaatat, jonka voidaan olettaa puolelta pituudeltaan (ja painoltaan) vastustavan kaatumista. Kaatuminen kaikissa rakenteissa oletetaan tapahtuvan kierto-akselin ympäri, jonka paikka määritetään likimain louhealustan murtokuorman mukaan siten, että elementtien ns. tehokkaan pinta-alan tasainen pintakuorma on kolme kertaa painumisen kannalta sallitun pohjapaineen suuruinen eli $\sigma_{\text{murto}} = 1500 \text{ kN/m}^2$, itse akselin sijaitessa tehokkaan alan keskellä. Taulukoissa 9 on esitetty kaatumista vastustavat voimat ja näiden resultantit ja 10 vastaavat kaatavat voimat. Voiman perässä sulussa oleva arvo ilmoittaa ko. voiman vaikutuspisteen etäisyyden kaatumisakselista. Varsinainen kaatumisen varmuustarkastelu on koottu taulukkoon 11.

Taulukko 9. Kaatumista vastustavat voimat

Stabiloiva kuorma	Tihtaali [kN], [m]	Rantalaituri [kN], [m]	Pistolaituri [kN], [m]
Hiekkatäyttö	5 065 (3,90)	8 105 (3,95)	7 355 (3,64)
Elementti/Tihtaali	1 355 (3,90)	1 035 (2,50)	1 360 (3,64)
Kansirakenne	1 170 (3,90)	720 (0,97)	1 580 (3,50)
Johderakenne	390 (6,57)	-	-
Ankkurivoima	-	3 925 (10,98)	-
Eroosiolaatta 1	-	1575 (0,25)	1 575 (0,25)
Eroosiolaatta 2	375 (9,27)	-	190 (9,14)
Yhteensä	8 355 (4,27)	15 360 (5,13)	11 870 (3,17)

Taulukko 10. Kaatavat voimat

Kaatava kuorma	Tihtaali [kN], [m]	Rantalaituri [kN], [m]	Pistolaituri [kN], [m]
Aktiivipaineet	-	6 315 (5,23)	-
Vedenpaine	-	510 (5,09)	-
Pollari/jääkuorma	1 710 (10,43)	500 (13,10)	2 000 (10,43)
Halli 1	-	-	195 (2,20)
Halli 2	-	-	55 (11,20)
Yhteensä	1 710 (10,43)	7 325 (5,76)	2 250 (9,74)

Taulukko 11. Kaatumisvarmuustarkastelu

	Tihtaali	Rantalaituri	Pistolaituri
Stabiloiva momentti	35 640 kNm	78 790 kNm	39 385 kNm
Kaatava momentti	17 835 kNm	42 175 kNm	21 905 kNm
Varmuuserroin	2,00	1,87	1,80

6.4. Muu suunnittelu

6.4.1. Ankkurit

Ankkureiden kapasiteetti riippuu kahdesta tekijästä, laatan passiivipaineen aikaansaamasta kapasiteetista sekä vetotankojen myötölujuudesta. Passiivipaineen aiheuttaman kapasiteetin ylittyessä maan oletetaan murtuvan ankkurilaatan takana kitkakulmassa. Vaihtoehtoisesti ankkurivoima kasvaa kunnes tangot alkavat myötäämään.

Passiivipaineesta vähennetään tärinän vuoksi 25 %, sekä vedenpinnan oletetaan vaikuttavan 0,5 metriä keskiveden yläpuolella. Laatta on 2x2 m² suuri, neliönmuotoinen ja sen keskikohta on tasolla -0,6 metriä maanpinnasta laskettuna. Tankojen teräslaatu on St500/550 ja halkaisija 50 mm. Kuvassa 20 on esitetty ankkurointi sekä laatalle syntyvät passiivipaineet.

Passiivi-paineen antama kapasiteetti P_P kahdelle laatalle, sekä vastaavasti neljän ankkurin kapasiteetti A ovat:

- $P_P = 4357 \text{ kN}$
- $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot f_y = 4 \cdot 3,14 \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 500 \text{ N/mm}^2 = 3927 \text{ kN} \quad (6.7)$



Kuva 20. Rantalaiturin ankkurien mitoitus.

6.4.2. Pengerluiskan eroosiosuojaus

AW–terminaalin taakse rakennettava pengerluiska tehdään louheesta. Luiskan tehtävänä on yhdessä louheen sekä laiturin taustatäyttönä toimivan hiekan väliin asennettavan suodatinkankaan kanssa estää hiekan eroosiota. Penger, vaikka suojaisessa paikassa sijaitseekin, on suunniteltava kestäämään aallokon kuluttava vaikutus. Uloimman louhekerroksen pienin lohkar koko suunnitellaan Rakenteiden kuormitusohjeiden mukaisesti. Vaadittava luiskan lohkar koko saadaan laskettua kaavan 6.8 avulla: /9/

$$w = \frac{\gamma_s \cdot H^3}{k(\gamma_s - 9,8)^3 \cot \beta} (MN) \quad (6.8)$$

- γ_s on louhemateriaalin ominaispaino 28 kN/m^3
- H on mitoitusaalton korkeus
- k on kerroin 2,9 (louhetta on 1 kerros ja aallot eivät ole murtuvia)
- β on 1:1,5 luiskan kaltevuuskulma $33,7^\circ$

Näin saadaan luiskan uloimman kerroksen lohcareiden vähimmäismassaksi 446 kg, joten käytetty 600 kg riittää hyvin. Tämä tarkoittaa lohcareita, joiden koko on noin #750 mm. Pintalohkarekerros ulotetaan pinnan tasosta +2,00 aina tasolle -3,00 saakka, mikä riittää kattamaan koko aallonkorkeuden amplitudien välisen matkan.

6.4.3. Rakenteiden mitoitus

AW-termiinalin vesirakennusurakan rakenteellinen suunnittelu pitää sisällään lähinnä elementtien, kansirakenteiden sekä erilaisten liitosten rakennesuunnittelun ja mitoituksen. Rakenteiden mitoitus suoritetaan, kuten geotekninen suunnittelukin, edellä esitettyjä luonnonkuormia sekä ominais- ja hyötykuormia vastaan Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti. Teräsrakenteille tämä tarkoittaa osien, näiden hitsien ja liitosten mitoitusta Teräsrakenteiden ohjeen B7 mukaisesti. /18/ Betonirakenteet, näiden liitokset sekä raudoitukset puolestaan tarkastetaan Betonirakenteiden ohjeen B4 vaatimalla tavalla. /4/ Kaikkien rakenteiden osien mitoituksen esittäminen tässä on tarpeetonta, sillä eri osien mitoitus on kuitenkin pitkälti mekaanista laskentaa, kun rakenneosan malli on hahmotettu. Yksinkertaistetut esimerkit rakenteellisesta mitoituksesta esitetään johderakenteen teräsputkien mitoituksesta.

Johdeputkirakenteen pääkannattajasta tarkistetaan sen taipuma käyttörajatilassa, murtorajatilan kestävyys. Lisäksi tarkastellaan tukiputkien nurjahduskestävyys. Arvoihin vaikuttaa suuresti laivan mahdollinen törmäys putkijohteen eri paikkoihin. Törmäys putkeen on mahdollinen tihtaalien välisen etäisyyden vuoksi, tämän vuoksi putken pinta suojataan kokonaisuudessaan puuparruin. Koska putkijohde on fenderilinjan takana, eikä laiva pääse koko kyljeltään koskettamaan putkea, törmäyksen aiheuttama kuorma on luonteeltaan pistemäinen. Rakennetta on turha rakentaa niin järeäksi, että se kestäisi kaikissa kuviteltavissa olevissa tilanteissa, suunnitteluarvoksi mahdolliselle laivan törmäykselle pysty- ja vaakasuuntaan on arvioitu:

- Törmäyksen aiheuttama vaakakuorma $H_d = 1000 \text{ kN}$
- Törmäyksen aiheuttama pystykuorma $V_d = 500 \text{ kN}$

Mitoittava tekijä pääputkelle murtorajatilassa on sen tukimomentti putken päässä, kun laiva törmää putken ja laituritihtaalin liitoskohdan sekä tukiputken väliin. Käyttörajatilassa ei oleteta hetkellisten törmäys/hankauskuormien vaikuttavan, suurin taipuma saadaan putken keskelle tungoskuorman vaikuttaessa. Rakenteiden kuormitusohjeen mukainen tungoskuorma on $g_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$. Törmäyskuormien ei oleteta vaikuttavan molempiin suuntiin yhtäaikaaisesti. Putki täytetään betonilla, mutta itse putken mitoituksessa tätä ei oteta huomioon kuin lisäpainona.

Putkirakenteesta rakennetun FEM – mallin tulosteesta (Liite 2) saadaan putkijohteen rasitukset sekä taipumat eri kuormitustilanteissa. Käyttörajatilassa 17 metrin putkirakenteelle voidaan soveltaa esimerkiksi terässiltojen suurinta sallittua taipumaa $L/500$. Murtorajatilassa törmäyksen, rakenteen oman painon ja hyötykuormien aiheuttamat tukimomentit eri suuntiin on yhdistettävä, samoin kuten leikkausvoimat. Mitoituksessa teräsosien ajatellaan olevan ulkopinnastaan ruostuneet ylimitoitustaulukosta poiketen 1 mm, koska putket on tarkoitus maalauksella suojata korroosiolta ja maali paikata aina tarpeen tullen. Käyttörajatarkastelussa verrataan varsinaista putken taipumaa sallittuun. Murtorajatilassa tukireaktioiden edellyttämää taivutusvastusta verrataan putken $\emptyset 1016 \times 12,5$ taivutuskapasiteettiin: /18/

$$v_{L/2} = 6,68 \text{ mm} < \frac{L}{500} = \frac{17000 \text{ mm}}{500} = 34 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{(2140 \text{ kNm})^2 + (868 \text{ kNm})^2} = 2309 \text{ kNm} \quad (6.9)$$

$$V_{\max} = \sqrt{V_z^2 + V_y^2} = \sqrt{(859 \text{ kN})^2 + (308 \text{ kN})^2} = 913 \text{ kN} \quad (6.10)$$

$$W_{\text{vaad}} = \frac{M_{\max} \cdot \gamma_m}{f_y} = \frac{2309 \text{ kNm} \cdot 1,0}{355 \text{ N/mm}^2} = 6504 \text{ cm}^3 \leq \quad (6.11)$$

$$W_{\text{putki}} = \frac{\pi}{32} \frac{d_u^4 - d_s^4}{d_u} = \frac{\pi}{32} \frac{(1014 \text{ mm})^4 - (991 \text{ mm})^4}{1014 \text{ mm}} = 8975 \text{ cm}^3 \quad (6.12)$$

Tukiputken mitoittaa sen normaalivoimakapasiteetti laivan törmätessä putken kohtaan. Putkea voidaan pitää jäykästi kiinnitettynä johdeputken päästä, mihin se kiinnitetään hitsaamalla. Tihtaalin päästä putkea pidetään nivelöidysti kiinnitettynä, siellä putken sisäpintaan hitsattavat teräkset kiinnittyvät tihtaalin betonirakenteeseen. Putken äärimmäinen pituus on 7900 mm, keskikohdan rakenteellinen pituus on todellisuudessa pienempi, 7470 mm. Laskuissa käytetään kuitenkin varman puolen äärimmäistä pituutta. Putken oletetaan taas olevan ulkopinnaltaan 1 mm ruostunut. Ruostuneen putken poikkileikkausarvot laskuissa ovat:

$$A = \frac{\pi}{4} (d_u^2 - d_s^2) = \frac{\pi}{4} ((709 \text{ mm})^2 - (686 \text{ mm})^2) = 252 \text{ cm}^2 \quad (6.13)$$

$$W = \frac{\pi}{32} \frac{d_u^4 - d_s^4}{d_u} = \frac{\pi}{32} \frac{(709 \text{ mm})^4 - (686 \text{ mm})^4}{709 \text{ mm}} = 4324 \text{ cm}^3 \quad (6.14)$$

$$I = \frac{\pi}{64} (d_u^4 - d_s^4) = \frac{\pi}{64} ((709 \text{ mm})^4 - (686 \text{ mm})^4) = 153288 \text{ cm}^4 \quad (6.15)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{153288 \text{ cm}^4}{252 \text{ cm}^2}} = 24,7 \text{ cm} \quad (6.16)$$

Nurjahdustarkastelussa laivan putkijohteeseen kohtisuoran törmäyksen aiheuttamaa puristavaa voimaa 45 asteen vinoon tukiputkeen verrataan putken puristuskapasiteettiin:

$$\alpha = 0,34 \quad (\text{nurjahdusluokka 2})$$

$$L_c = \lambda \cdot L = 0,8 \cdot 7,90m = 6,32m \tag{6.17}$$

$$\bar{\lambda}_k = \frac{L_c}{i \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{632cm}{24,7cm} \sqrt{\frac{355N/mm^2}{210000N/mm^2}} = 1,05 \tag{6.18}$$

$$\beta = \frac{1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_k - 0,2) + \bar{\lambda}_k^2}{2\bar{\lambda}_k^2} = \frac{1 + 0,34 \cdot (1,05 - 0,2) + 1,05^2}{2 \cdot 1,05^2} = 1,08 \tag{6.19}$$

$$f_{ck} = (\beta - \sqrt{\beta^2 - 1/\bar{\lambda}_k^2}) \cdot f_y$$

$$= (1,08 - \sqrt{1,08^2 - 1/1,05^2}) \cdot 355N/mm^2 = 202,6N/mm^2 \tag{6.20}$$

$$N_{RC} = f_{ck} \cdot A = 202,6N/mm^2 \cdot 18500mm^2 = 3748kN > \tag{6.21}$$

$$N_{putki} = N_D / \cos \alpha = 1000kN / \cos 45^\circ = 1414kN \tag{6.22}$$

7. AWT – projektin toteutus

AWT – projektin suunnittelussa vaadittiin urakan luonteesta johtuen paljon uusien asioiden kehittelyä ja vanhojen soveltamista. Suunnittelijoilla joutuivat työssään haasteen eteen, mitä ei vähentänyt seikka, ettei tilaajallakaan ollut selvää käsitystä siitä, miten monet projektiin kuuluvat asiat tulisi ratkaista. Suunnittelun onnistumisen arvioiminen on täysin mahdollista vasta, kun terminaalien käytöstä on saatu riittävästi kokemusta.

Kokkolan AWT – projektissa käytetty kulmatukimuurirakenneratkaisu on Suomessa ollut käytössä jo 20 vuoden ajan. Tässä ajassa sitä on jatkuvasti kehitetty ja se on suurelta osin syrjäyttänyt perinteiset ratkaisut, joita tässä tapauksessa olisivat olleet kasuunin tapaiset rakenteet. Perinteisiin rakenteisiin verrattuna kulmatukimuurirakenteella päästään stabiliteetin kannalta samoihin varmuuksiin huomattavasti pienemmällä betonimäärillä. Tämä puolestaan on huomattava taloudellinen etu. Kun elementtien pohjalaatta voidaan tehdä pienemmällä betonimäärällä leveämmäksi, pohjapaineet rakenteen alla jäävät pienemmäksi ja jakaantuvat tasaisemmin - tällöin myös rakenteen siirtymät ja painumat jäävät pienemmiksi.

Pienemmästä betonimäärästä huolimatta elementeillä on mahdollista saada aikaan myös suuri rakenteellinen kestävyys. Kulmatukimuurin elementit on suunniteltu nopeaan liukuvaluun, joten näiden valmistaminen on suhteellisen helppoa ja erilaiset muutokset on helppo järjestää. Myös laitureiden nurkat ja sisä- ja ulkokulmat on mahdollista järjestää helposti tekemällä kulmien elementteihin vain pieniä muutoksia.

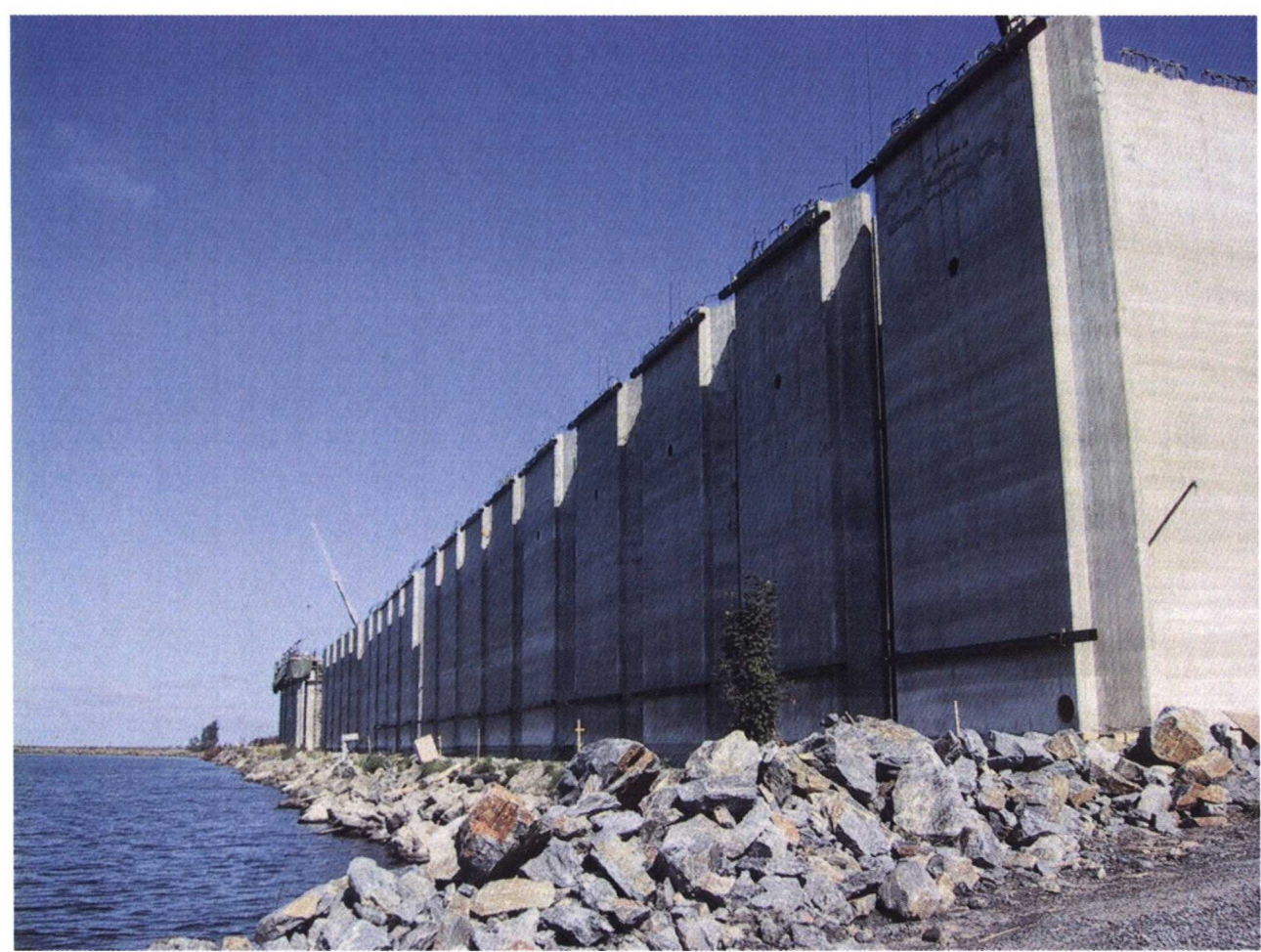
Alun perin rantalaiturin kulmatukielementit suunniteltiin olevan elementeistä painavimpia, mutta kuten usein rakennusprojekteissa, muutoksia tapahtuu. Elementtien dimensiot oli alun perin suunniteltu tietyn painoisiksi, siten että ne pystyttäisiin nostamaan kotimaisella kalustolla. Yli 200 tonnia painavien elementtien nostamiseen tarvittava kalusto joudutaan vuokraamaan ulkomailta, mikä on yleensä lisäkustannus. Tässä tapauksessa urakoitsija sai kuitenkin vuokrattua järeän uivan nosturin ulkomailta taloudellisesti. Tilatulla nosturilla oli riittävä kapasiteetti suurempiinkin nostoihin. Suurempaa nostokapasiteettia päätettiin käyttää hyväksi rakenteen valinnassa. Rakennuttajalle ja urakoitsijalla esitettiin muutoksia alkuperäiseen suunnitelmaan: Kaikkein helpoin tapa pistolaiturin kulmaelementtien valmistamiseksi on valmistaa kulmaelementit laatikkomaisina. Samalla myös tihtaalien ja rantalaiturin kulmaelementtien järjestelyt muuttuivat. Kun elementtien dimensiot

suurenivat, voitiin luopua kalliista louhetäytöstä. Hiekkatäyttöön siirtymällä voitiin samalla luopua myös suodatinkerrosten ja – kankaiden käytöstä. Esitetyt muutokset osoittautuivat lopulta taloudellisesti kannattaviksi, joten urakoitsijalla ja rakennuttajalla ei ollut mitään suunnitelmamuutosta vastaan.

Rakennustyöt alkoivat suunnitelmien mukaisesti 19.5.2003 ruoppaus- ja kaivutöillä. Ruopatuista massoista oli alun perin oletettua suurempi osa huonokantoisia, täyttöihin kelpaamattomia maita. Tämä aiheutti sen, että muualta tuotavien täyttömassojen määrä ja sitä kautta kustannukset kasvoivat. Kun kovan pohjan ruoppauksia päästiin suorittamaan, selvisi, että AWT – altaan kohdalla pohjamoreenin seasta löytyi suuria lohkareita, joita ei saatu nostettua. Vaikka alue oli hyvin kairattu, myös kalliopinta löytyi altaan päästä perustamistason yläpuolelta. Tätä varten urakoitsija joutui tuomaan paikalle poraus- ja louhintakaluston, josta aiheutui edelleen lisäkuluja. Samalla kovien massojen kaivuun tuli keskeytys, joka yhdessä louhintatyön kanssa viivästytti pohjan tasaustöiden alkamista pari viikkoa. Huomattiin myös, että Kantasatamaan johtava väylä oli osittain liettynyt. Urakoitsija teki lisätyönä väylän ruoppaustyön.

Elementtien valupaikkojen tasaustöiden yhteydessä urakoitsija ilmoitti, että Kivilaiturin pohjoispuoleinen rantapenger, joka lähtötietojen perusteella piti olla louhetta, sisälsi myös pehmeitä maita. Valupaikan kantavuudesta oli hieman epävarmuutta, vaikka kairausten perusteella syytä huoleen ei ollut. Varmistuaakseen pohjan kantavuudesta urakoitsija joutui käyttämään ennakoitua enemmän mursketta sekä suodatinkangasta. Kuvassa 21 näkyy jo valmiita elementtejä rantapenkereelle, taustalla edelleen liukuvalettavia elementtejä sekä edustalla myös valmiiden elementtien betonipintavaurioita.

Kun liukuvaluja suoritettiin heinä- elokuussa 2003, huomattiin elementtien kulmissa sekä betonipinnoissa lohkeamia. Vesirajan yläpuolella vesi yhdessä ilman kanssa olisi aiheuttanut lohkeamista paljastuneisiin teräksiin voimasta korroosiota. Betoniraudoitukselle riittävän korroosiosuojakerroksen varmistamiseksi pienemmät lohkeamat korjattiin betonipohjaisella laastilla. Isommat lohkeamat piikattiin terveeseen betoniin saakka, jonka jälkeen nurkat muotitettiin uudelleen ja betonoitiin juotosbetonilla. Lohkeamien suurimpana syynä olivat loppukesän helteinen sää yhdessä elementtien yläosassa käytetyn pakkasenkestävän P-lukubetonin kanssa. Helteisessä säässä betoni kovettui liian nopeasti, jolloin lisättiin betoniin pidemmän työstettävyyden mahdollistavaa notkistinta. Notkistettu P-lukubetoni yhdessä helteisen ja tuulisen ilman kanssa saivat aikaan sen, että elementtien pinnassa oleva betoni kuivui huomattavasti nopeammin kuin sisäosien, jolloin muottia poistettaessa tämä kuivunut kuori irtosi. Betoniteknisillä korjauksilla, eli notkeuden muutoksella sekä notkistimen annostusta pienentämällä seuraavat valut saatiin onnistumaan hyvin vieläkin helteisemmässä säässä.



Kuva 21. Liukuvalettuja laiturielementtejä rantapenkereellä.

Elementtejä päästiin asentamaan vihdoin viikolla 35, kun Puolasta tilattu nosturi saapui työmaalle. Nosturin dimensioita selventää kuva 22, jossa nosturi on viemässä yli 10 metriä korkeaa elementtiä asennettavaksi. Aluksi elementtien asennus uudella kalustolla oli hidasta. Asennusvaiheessa suoritettiin K-elementtien asemien mittauksia, joista osoittautui, että joidenkin elementtien kohdalla asennustoleranssit olivat hieman ylittyneet. Tässä vaiheessa tämä ei kuitenkaan vielä aiheuttanut mitään toimenpiteitä, koska elementit tulisivat vielä liikkumaan täytön aikana, eikä toleranssien ylitykset olleet suuria eivätkä yleisiä. Tässä vaiheessa huomattiin myös, että kun elementtien raudituskin muuttui louhetäytön vaihtuessa hiekaksi, myös elementtien valu- ja asennus-järjestys muuttui. Nyt elementit jouduttiin asentamaan alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeavassa järjestyksessä, mikä ei kuitenkaan aiheuttanut suurta viivästystä.

Elementtien asennukseen tuli tässä vaiheessa ylimääräinen tauko, kun nosturi joutui poistumaan työmaalta kesken kaiken toisten sitoumusten takia. Urakoiden päällekkäisyyksien vuoksi asennusten keskeytyminen tässä vaiheessa uhkasi pysäyttää myös jo aloitetun hallin perustusten rakentamisen – rantalaiturin taustatäyttöhän eteni sitä mukaa, kun elementtejä saatiin asennettua. Koska nosturia ei yrityksistä huolimatta saatu heti takaisin työmaalle, jouduttiin rantalaiturin nurkka täyttämään ilman elementtejä. Pelkkä hiekka olisi saattanut huuhtoutua mereen, eikä olisi ilman tukimuuria kestänyt hallin perustusten rakentamista. Nurkan täyttö päätettiin vaihtaa takaisin louheeksi, joka sellaisenaan kesti huuhtoutumatta. Elementit olivat mitoitetut hiekkatäytölle, joten täytön vaihtaminen louheeksi mahdollisti ankkureiden poisjättämisen nurkalta. Louhetäyttö kesti myös hyvin halliperustusten kuormat, joten tässä tilanteessa louheen käyttäminen täytteenä tuli halvemmaksi kuin aikataulun siirtäminen ja työmaan seisottaminen. Reunapengertä jouduttiin kuitenkin samalla laajentamaan, jotta sen kestävydestä voitiin varmistua, ja jotta penkereellä olisi riittävästi tilaa. Nosturi saatiin lopulta parin viikon jälkeen takaisin työmaalle ja loput elementit saatiin asennettua.

Rantalaiturin tausta toimii myös terminaalin lattian alustana. Sen syvätiivistämisen jälkeisissä mittauksissa havaittiin joidenkin elementtien siirtyneen lisää. Syynä tähän lienee täytön vaihtuminen louheesta hiekaksi. Vedellä kyllästyneessä hiekassa syvätiivistämisen aiheuttama paine oli ennakoitua suurempi. Tämä puolestaan aiheutti rantalaiturin elementtien siirtymistä merelle päin. Elementtien siirtyminen olisi saattanut aiheuttaa laiturimuurirakenteeseen ylimää räisiä paikallisia rasituksia. Jotta tätä saatiin kompensoitua, päätettiin rantalaiturin laiturilinjaa siirtää merellä päin 10 cm. Nyt uusi laiturilinja kulki jälleen riittävän lähellä suunniteltua sijaintia suhteessa laiturielementteihin. Asennustoleranssit pystysuunnassa pysyivät asetetuissa rajoissa koko työn ajan, joten elementtien pohjan tasaus rakennekerroksineen onnistui hyvin.



Kuva 22. Kulmaelementin asentaminen uivalla nosturilla.

Pistolaiturin elementtien asennuksen jälkeen oli kiireesti aloitettava näiden täyttötöet, sillä syysmyrskyt saattaisivat siirtää tyhjiä elementtejä. Myrsky kuitenkin saapui ennen täyttöjen aloittamista: Voimakas, jopa 25 m/s puhaltanut länsituuli nosti vedenpintaa Kokkolassa noin 1,5 metriä. Tällä kertaa oli onni onnettomuudessa, sillä vedenpinnan nousu sai aikaan sen, että elementit jäivät kokonaisuudessaan mainingin alle. Tämän seurauksena elementteihin ei aiheutunut toispuoleista vedenpainetta. Elementit säilyivät täsmälleen paikoillaan. Normaalisti täytöt suoritettaisiin kauhalla varustetulla massa-proomulla, mutta koska urakoitsijalla ei ollut tällaista käytössään, olivat pistolaiturin elementit nyt täytettävä maalta päin. Koska elementtien ripoja ja siipimuureja ei ollut suunniteltu toispuoleiselle maanpaineelle, oli urakoitsijan täytettävä myös aina seuraavat elementit riittävään tasoon, ennen kuin yksi lokero voitiin täyttää tavoitetasoon. Kun tasoon oli päästy, saattoi työkonetta ajaa lokeron täytön päälle ja jatkaa seuraavien elementtien täyttöä.

Työ jatkui elementtien ja tihtaalien hiekkatäyttötöillä, ankkurien asennuksella ja syvätiivistyksellä, aikataulun mukaisesti. Altaan eroosiosuojan asennus ja pistolaiturin reunapalkin valu olivat myöhässä lähes kuukauden edellä mainituista syistä. Tästäkin huolimatta hallin pääurakoitsija pääsi aloittamaan työnsä suunnitellusti, sillä myöhässä olevat työt eivät suuresti haitanneet halliperustusten rakentamista. Kahden pääurakoitsijan, vesirakennusurakan ja halliurakan, rakennustöiden yhteensovittaminen oli hallin töiden aloittamisesta lähtien hyvin tärkeää. Mm. ankkuritankojen ja -laattojen asennustöiden järjestys sovittiin tarkasti, jotta se saatiin tehtyä häiritsemättä hallin rakentamistöitä.

Hallin teräsrunkotyöt, jotka olivat kriittisiä koko hallin rakennustöiden kannalta, olivat vaarassa myöhästyä pistolaiturin kesken olevien reunapalkin valutöiden takia. Valutöitä ei voitu nopeuttaa, eikä näiden vuoksi ollut mahdollista asentaa hallin/siltanosturin teräspilareita pistolaiturin päältä. Halliurakoitsija ratkaisi tämän asentamalla pilarit riittävän suuren ulottuvuuden omaavan nosturin avulla rantalaiturin päältä altaan yli. Rantalaiturin kestävyys tässä valmiuden vaiheessa oli tarkastettava nostamisen aiheuttamille kuormille. Kestävyys todettiin riittävästi ja nostotyötkin onnistuivat lopulta hyvin.

Aikataulut muuttuivat töiden jaksottamisten myötä vielä jonkun verran. Kesken ja myöhässä olleet työt jatkuivat uuden aikataulun mukaisesti, lisäksi aloitettiin rantalaiturin kansirakenteen teko sekä tihtaalien väliset johdeteräsrakennetyöt. Viimeisiä suurempia vesirakennusurakassa aloitettuja työkokonaisuuksia olivat johderakenteen kannen sekä

altaan ulkopuoleisten eroosiolaattojen rakennustyöt. Johderakenteen terästöiden valmistuttua valettiin tihtaalien kansirakenteet. Nämä työt, sekä jäljellä olevat laitureiden varustelutyöt sujuivat aikataulussa ja ilman suurempia ongelmia. Vesirakennustöiden vastaanotto oli 24.8.2004. Tällöin huomattiin vielä, että johderakenteen kaiteet puuttuivat (kuva 11). Puute kuitenkin korjattiin pian ja vesirakennusurakka saatiin päätökseen.

Terminaalin käyttöönotosta on vielä liian vähän aikaa, jotta projektin onnistumisesta voisi sanoa paljoakaan. Vaikka yhden talven käytön perusteella voidaan varmuudella sanoa vain kyseisen ajankohdan käytöstä, voidaan tästä silti tehdä alustavia johtopäätöksiä. Tähänastisen käytön perusteella sisäilman kosteuden hallinnan ja veden kierrätysjärjestelmät ovat yhdessä olleet ylimitoitettuja. Altaassa kierrätettävä sekä osin myös hallin asfalttilattian alla oleva sula vesi näyttää nimittäin lämmittävän myös hallia. Talven 2004-2005 pakkaset eivät tosin Kokkolassa olleet kovia, eikä kosteudenhallintajärjestelmää ole vielä tarvittu.

Itse terminaalin päätarkoituksesta, eli laivan lastaamisesta/purkamisesta saadut kokemukset ovat tähän mennessä olleet positiivisia. Jo ensimmäinen koelaiva joulukuussa 2004 saatiin lastattua kesäoloja vastaavalla nopeudella. On varmaa, että lastin käsittely tulee vielä tästäkin nopeutumaan, kun järjestelmää saadaan säädettyä ja hallin käyttäjiä totutettua. Rakennuttajalla ainakin on uskoa projektiin, terminaalin yhteyteen rakennettavat varastohallit ovat tätä kirjoittaessa jo suunnitteilla ja AW-terminaalin rakentaminen on uusi varteenotettava vaihtoehto myös muiden satamien laajennuksia suunniteltaessa.

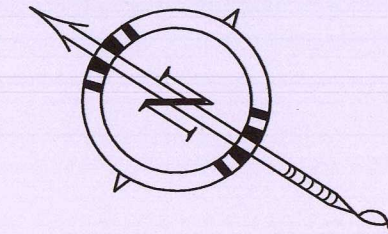
8. Lähdeluettelo

- Santala, J. 1988. Kauppamerenkulku- ja satamatoiminnot. Weilin&Göös. Helsinki. 216 s./1/
- RIL 165-2. 1988. Liikenne ja väylät II. Suomen rakennusinsinöörien liitto r.y. Helsinki. 558 s. /2/
- <http://www.port.of.kokkola.fi/historia/suomi/> /3/
- B4. 2001. Betonirakenteet. Ohjeet 2001. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa B4. Ympäristöministeriö. Helsinki. 80 s./4/
- Fentek Marine Systems GmbH. Marine Fendering Systems. 95 s./5/
- BY 201. 1999. Betonitekniikan oppikirja. Suomen betoniyhdistys r.y. Helsinki. 556 s./6/
- Frankel, E.G. 1987. Port planning and development. Massachusetts, Cambridge. MIT. J. Wiley & Sons. 795 s. /7/
- Insinööritoimisto Pitkälä Oy. 2002. Kokkolan edustan merituulivoimalaitos. Merelle sijoitettavien tuulivoimalaperustusten rakentaminen. Pohjolan Voima. 13 s. /8/
- RIL 144. 1997. Rakenteiden kuormitusohjeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto r.y. Helsinki. 186 s. /9/
- <http://www.fimr.fi/fi/palvelut/aallokko-ja-vedenkorkeus/vedenkorkeusvaihtelu.html> /10/
- Ilmatieteen laitos 1991. Tilastoja Suomen ilmastosta 1961 - 1990. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan, nide 90, osa1. Ilmatieteen laitos. Helsinki. 125 s. /11/
- Seinä A, Peltola J. 1991. Jäätalven kesto aika ja kiintojään paksuustilastoja Suomen merialueilla 1961 – 1990. Merentutkimuslaitos. Helsinki. 46 s. /12/
- TIEL 2172068-99. 1999. Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa. Tiehallitus, siltayksikkö. Helsinki. 71 s. /13/
- Tsinker, G.P. 1997. Handbook of port and harbor engineering: geotechnical and structural aspects. Chapman & Hall. New York. 1054 s. /14/
- Bruun, Per. 1973. Port engineering. Houston, Texas. Gulf Publishing Company. 436 s. /15/
- RIL 212. 2001. Suurpaalutusohje SPO-2001. Suomen rakennusinsinöörien liitto r.y. Helsinki. 155 s. /16/
- RIL 121. 1988. Pohjarakennusohjeet. Suomen rakennusinsinöörien liitto r.y. Helsinki. /17/

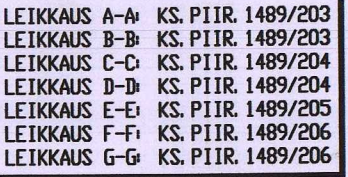
- B7. 1996. Teräsrakenteet. Ohjeet 1996. Suomen rakentamis-määräyskokoelma, osa B7. Ympäristöministeriö. Helsinki 1996. 51 s./18/

Liiteluettelo

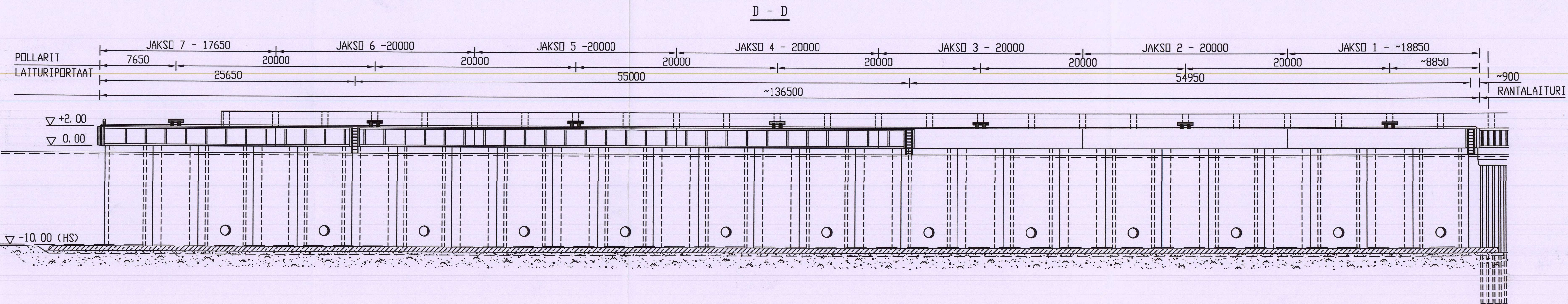
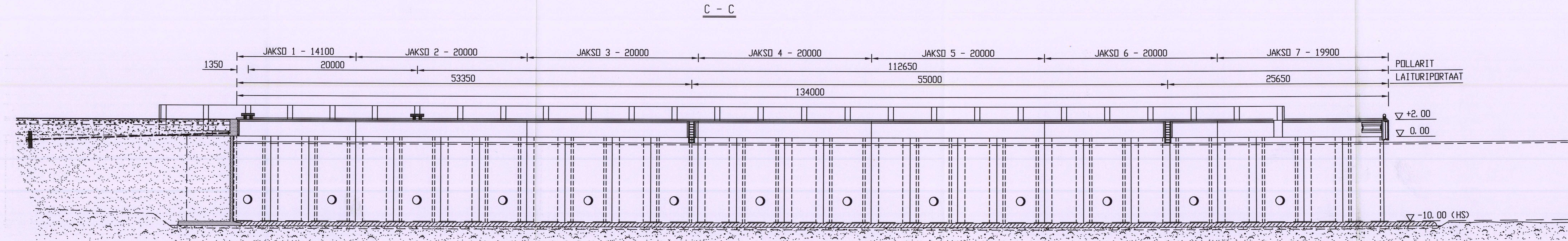
- Liite1. Kokkolan satama. AWT-varastotermiinaali. Yleispiirustukset. 6 kpl.	
- Liite 2. StaadPro – mallin tuloste johderakenteen teräsputkesta.	5 s.
- Liite 3. Vedenkorkeuksien vuotuinen jakauma..	1 s.
- Liite 4. Teoreettisen keskiveden korkeus eri järjestelmissä.	2 s.
Yhteensä	14 s.



Insinööritoimisto Pitkälä Oy varaa kaikki oikeudet tähän asiakirjaan. Asiakirjaa ei saa kopioida, muuttaa tai käyttää muuhun kuin sovittuun tarkoitukseen ilman Ins.toimisto Pitkälä Oy:n lupaa	Pitkälä Ltd Consulting Engineers reserves all the rights to this document. No part of this document may be copied, altered or used for other purpose than agreed, without the permission of Pitkälä Ltd
---	---



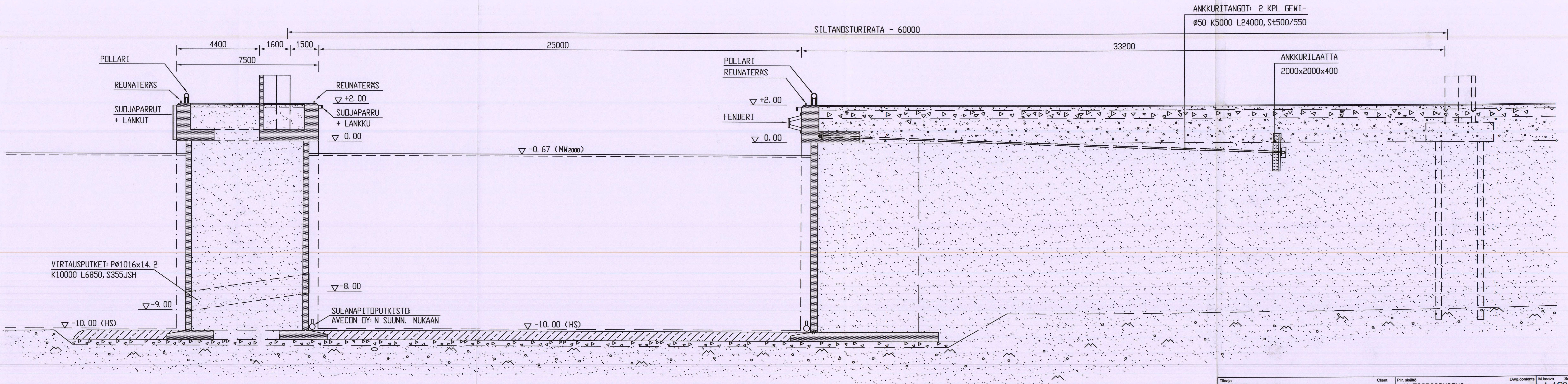
A	4	LAIITURITALEEN LEVEYS				HH	2.3.2004	
Urn.	Urn.	Laitum.	Muutos.			Minut.	Puutt.	
nimi: KOKKOLAN SATAMA osoite: KANTASATAA VESTRÄKIEKAT AUT-VARASTOTERMINAALI						Client: YLEISPIIRUSTUS POHJAKUJA Drawn: 1:200		
19.6.2003						Drawn: MP Designer: [Signature] Typist: 1489 Project file: 2002		
P Insinööritoimisto PITKÄLÄ Oy PITKÄLÄ LTD Consulting Engineers Keskustie 10 FIN-01520 VANTAA TEL: +358 9 2534 8300 FAX: +358 9 2534 8320						Drawn: MP Designer: [Signature] Typist: 1489 Project file: 2002		

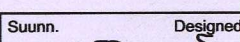
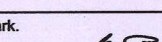
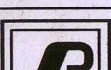


Tilaaja KOKKOLAN SATAMA		Client YLEISPIIRUSTUS		Dwg. contents SIVUKUVAT C-C JA D-D		M.kaava 1: 250	
Kohde KANTASATAMA VESIRAKENTEET		Object AWT-VARASTOTERMINAALI					
Pvm. 19. 6. 2003	Date MP	Piir. MP	Drawn Suunn.	Designed <i>[Signature]</i>	Tark. Checked	Hyv. Hyv.	Approved
Pitkälä Oy PITKÄLÄ Ltd Consulting Engineers KOHUPUISTONTIE 6B FIN - 01510 VANTAA		Työn n:o 1489		Project No 204		Dwg. No Muutos Amendm.	

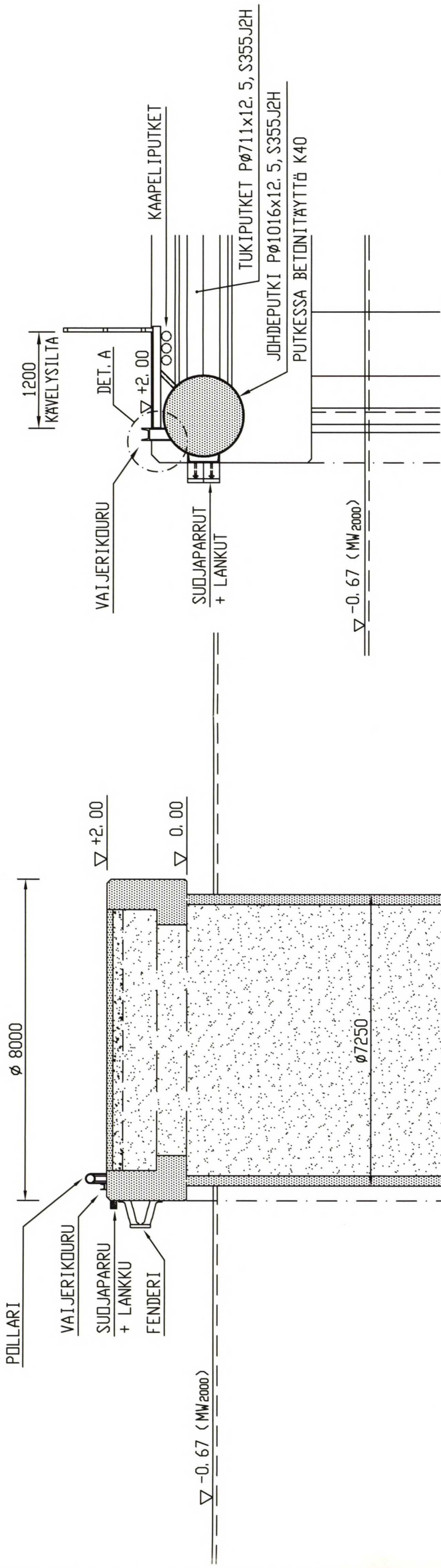
Insinööritoimisto Pitkälä Oy varaa kaikki oikeudet tähän asiakirjaan. Asiakirjaa ei saa kopioida, levittää tai julkistaa, muuttaa, laina, sovittaa, jatkokehitä ilman Insinööritoimisto Pitkälä Oy:n lupaa.

Pitkälä Ltd Consulting Engineers reserves all the rights to this document. No part of this document may be copied, altered or used for other purpose than agreed, without the permission of Pitkälä Ltd.



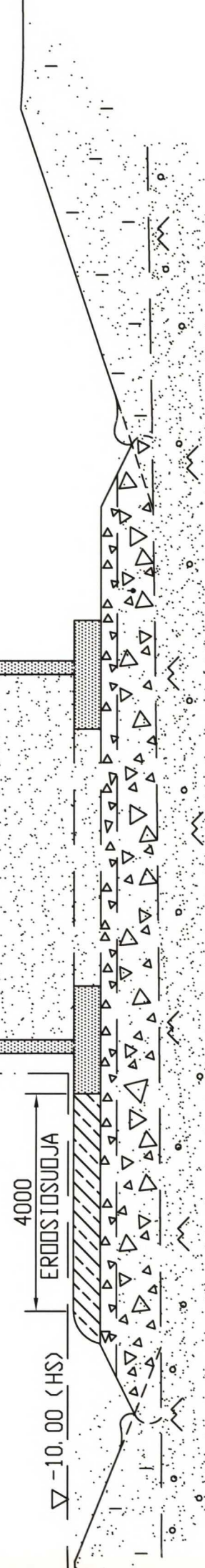
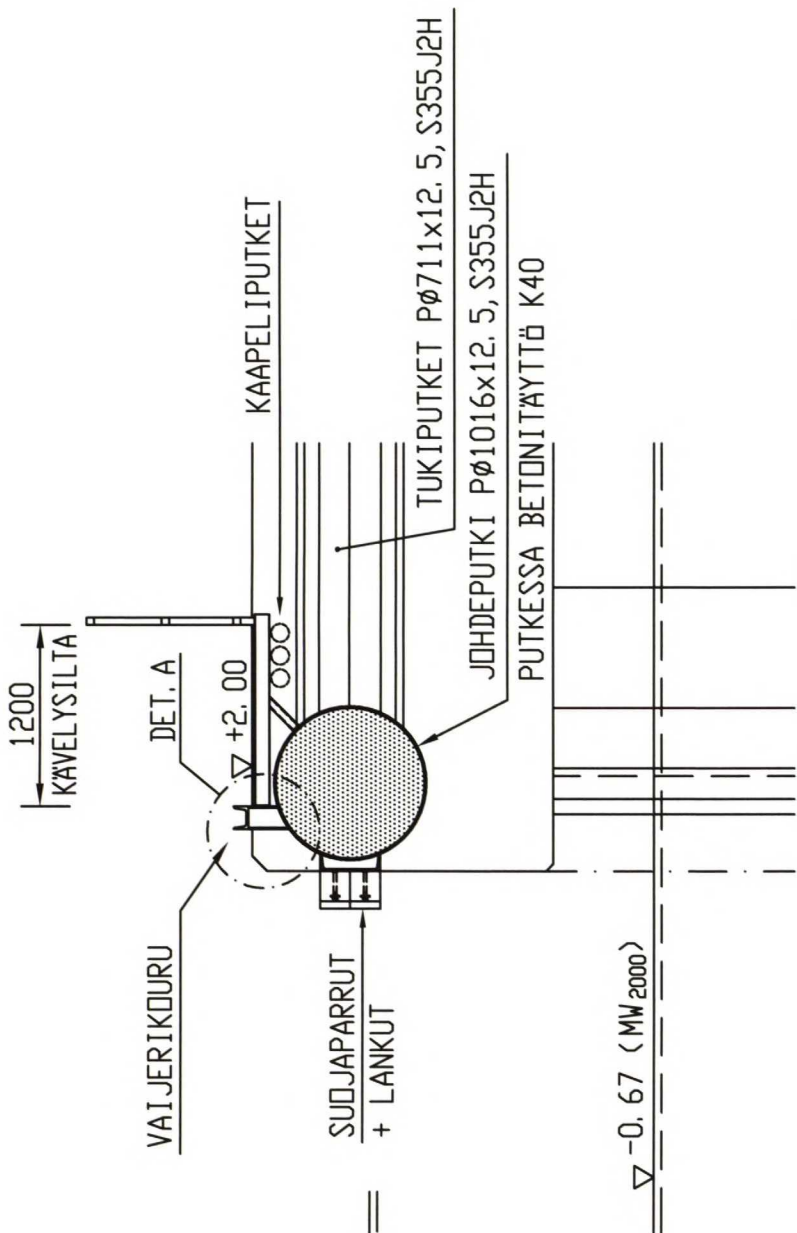
Tilaja KOKKOLAN SATAMA			Client		Pir. sisältö YLEISPIIRUSTUS POIKKILEIKKAUS E-E			Dwg. contents		M.kaava 1: 100		Scale	
Kohde KANTASATAMA VESIRAKENTEET			Object AWT-VARASTOTERMINAALI										
Pvm. 2. 6. 2003	Date	Piir. MP	Drawn	Suunn. 	Designed	Tark. 	Checked	Hyv.	Approved				
			Insinööri toimisto PITKÄLÄ Oy PITKÄLÄ Ltd Consulting Engineers KOIVUPUUSTONTIE 6B FIN - 01510 VANTAA			Työn n:o 1489			Project No 205		Dwg.No		Muutos Amendm.
Insinööri toimisto Pitkälä Oy varaa kaikki oikeudet tählin asiakkajien. Asiakkajien ei saa kopioida, muuttaa tai käyttää muuhun kuin sovittuun tarkoitukseen ilman Insinööri toimisto Pitkälä Oy:n lupaa													
Pitkälä Ltd Consulting Engineers reserves all the rights to this document. No part of this document may be copied, altered or used for other purpose than agreed, without the permission of Pitkälä Ltd													

F - F



G - G

1:50



DET. A

1:10

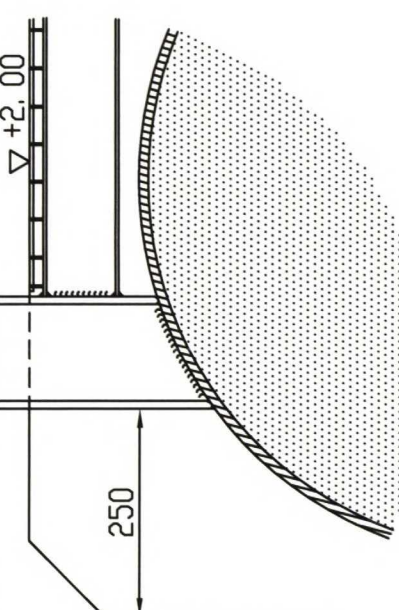
VAIJERIKOURU

U-150x100x10, S355J2G3


▽ +2.15

▽ +2.00

250



Tilaaja KOKKOLAN SATAMA	Client	Piir. sisältö YLEISPIIRUSTUS POIKKILEIKKAUKSET F-F JA G-G	Dwg. contents	M. kaava Scale 1:100
Kohde KANTASATAMA VESIRAKENTEET	Object AWT-VARASTOTERMINAALI			
Pvm. 28. 5. 2003	Date Piir. MP	Drawn Suunn. Designed	Tark. Checked Hyv.	Approved
Insinööritoimisto PITKÄLÄ Oy PITKÄLÄ Ltd Consulting Engineers KOIVUPEUJENTIE 6B FIN - 01510 VANTAA TEL. +358 9 8254 630 FAX. +358 9 8254 6330		Työn n:o 1489	Project No 206	Muutos Amendm.
Pitkälä Ltd Consulting Engineers reserves all the rights to this document. No part of this document may be copied, altered or used for other purpose than agreed, without the permission of Pitkälä Ltd.				



Liite 2

StaadPro - mallin tuloste

Software licensed to Merin AS

Job No

Sheet No
1 (5)

Rev

Part

Job Title Putkijohde

Ref

By TP

Date19-Apr-05

Chd

Client

File Putkijohde2.std

Date/Time 20-Apr-2005 14:30

Job Information

	Engineer	Checked	Approved
Name:	TP		
Date:	19-Apr-05		

Structure Type	SPACE FRAME
----------------	-------------

Number of Nodes	9	Highest Node	9
Number of Elements	8	Highest Beam	8

Number of Basic Load Cases	7
Number of Combination Load Cases	5

Included in this printout are data for:


All	The Whole Structure
-----	---------------------

Included in this printout are results for load cases:

Type	L/C	Name
Primary	1	PUTKI
Primary	2	BETONI+SILTA
Primary	3	TUNGOS
Primary	4	HANKAUS
Primary	5	TÖRMÄYS1
Primary	6	TÖRMÄYS2
Primary	7	TÖRMÄYS3
Combination	8	MRT: PAINOT + TUNGOS + HANKAUS
Combination	9	KRT: PAINOT + TUNGOS
Combination	10	MRT: PAINOT + TUNGOS + TÖRMÄYS1
Combination	11	MRT: PAINOT + TUNGOS + TÖRMÄYS2
Combination	12	MRT: PAINOT + TUNGOS + TÖRMÄYS3

Nodes

Node	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0.000	0.000	0.000
2	2.825	0.000	0.000
3	5.650	0.000	0.000
4	8.500	0.000	0.000
5	11.350	0.000	0.000
6	14.174	0.000	0.000
7	17.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	5.650
9	17.000	0.000	5.650

 <div>Liite 2 StaadPro - mallin tuloste <small>Software licensed to Merin AS</small></div>	Job No	Sheet No 2 (5)	Rev
	Part		
Job Title Putkijohde	Ref		
	By TP	Date19-Apr-05	Chd
Client	File Putkijohde2.std	Date/Time 20-Apr-2005 14:30	

Beams

Beam	Node A	Node B	Length (m)	Property	β (degrees)
1	1	2	2.825	1	0
2	2	3	2.825	1	0
3	3	4	2.850	1	0
4	4	5	2.850	1	0
5	5	6	2.824	1	0
6	6	7	2.826	1	0
7	3	8	7.990	2	0
8	5	9	7.990	2	0

Section Properties


Prop	Section	Area (cm ²)	I _{yy} (cm ⁴)	I _{zz} (cm ⁴)	J (cm ⁴)	Material
1	PIPE	394.074	496E 3	496E 3	992E 3	MATERIAL1
2	PIPE	274.301	167E 3	167E 3	335E 3	MATERIAL1

Materials

Mat	Name	E (kN/mm ²)	v	Density (kg/m ³)	α (1/°K)
1	STEEL	205.000	0.300	7.83E 3	12E -6
2	ALUMINUM	68.948	0.330	2.71E 3	23E -6
3	MATERIAL1	205.000	0.250	7.85E 3	12E -6
4	CONCRETE	21.718	0.170	2.4E 3	10E -6

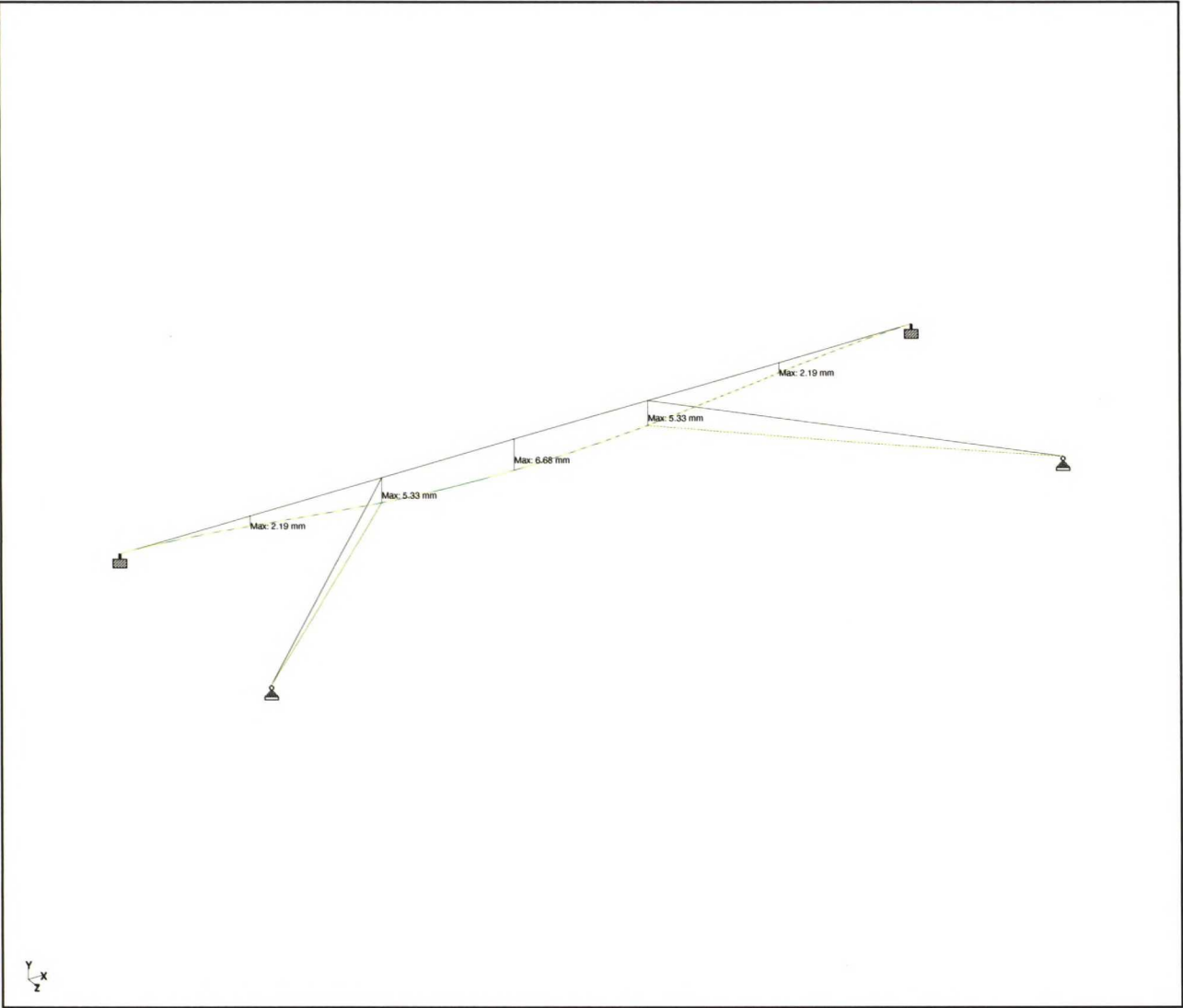
Basic Load Cases

Number	Name
1	PUTKI
2	BETONI+SILTA
3	TUNGOS
4	HANKAUS
5	TÖRMÄYS1
6	TÖRMÄYS2
7	TÖRMÄYS3


 <div>Liite 2 StaadPro - mallin tuloste <small>Software licensed to Merin AS</small></div>	Job No	Sheet No 3 (5)	Rev
	Part		
Job Title Putkijohde	Ref		
	By TP	Date19-Apr-05	Chd
Client	File Putkijohde2.std	Date/Time 20-Apr-2005 14:30	

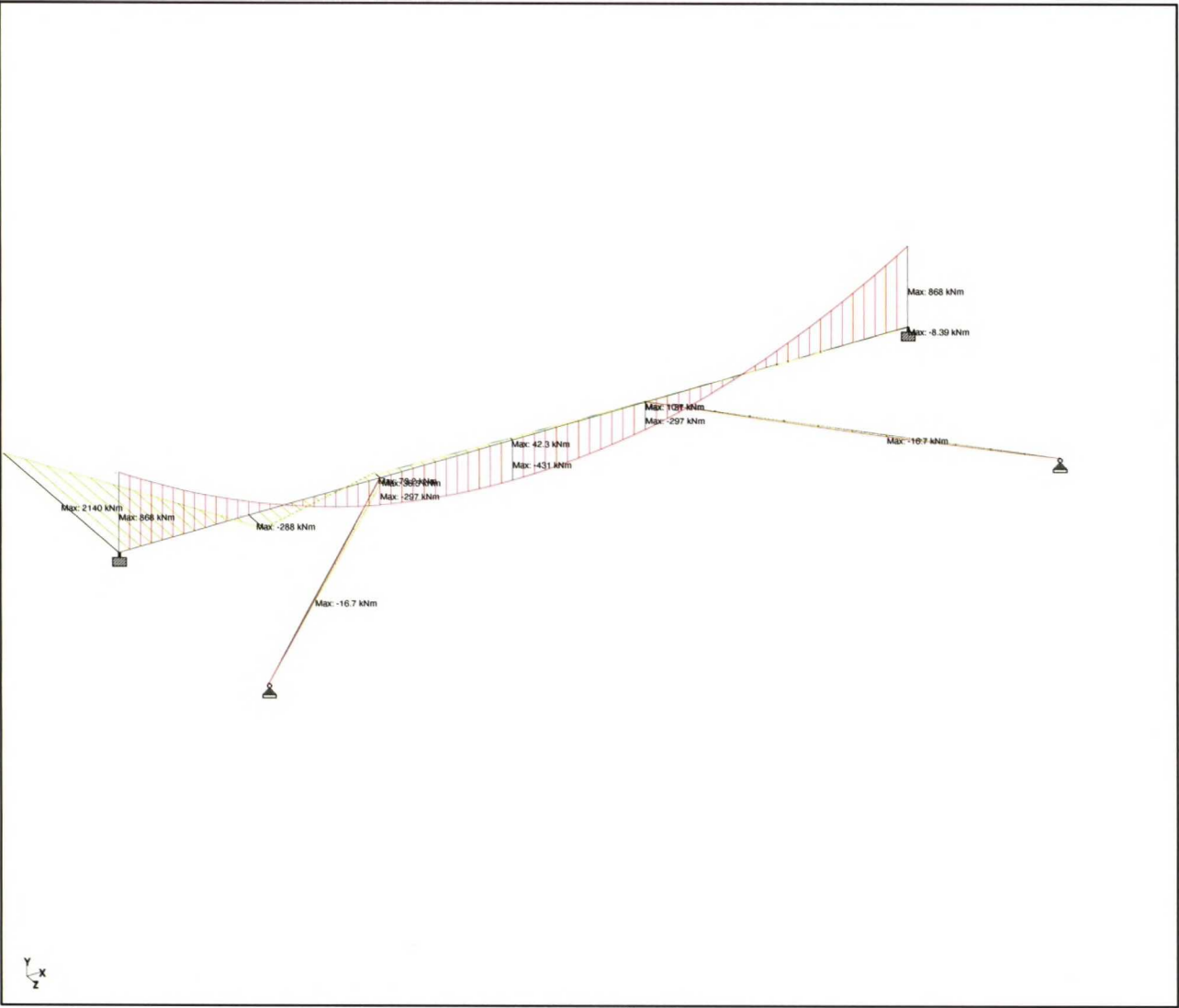
Combination Load Cases

Comb.	Combination L/C Name	Primary	Primary L/C Name	Factor
8	MRT: PAINOT + TUNGOS + HANKAUS	1	PUTKI	1.20
		2	BETONI+SILTA	1.20
		3	TUNGOS	1.60
		4	HANKAUS	1.00
9	KRT: PAINOT + TUNGOS	1	PUTKI	1.00
		2	BETONI+SILTA	1.00
		3	TUNGOS	1.00
10	MRT: PAINOT + TUNGOS + TÖRMÄYS1	1	PUTKI	1.20
		2	BETONI+SILTA	1.20
		3	TUNGOS	1.60
		5	TÖRMÄYS1	1.00
11	MRT: PAINOT + TUNGOS + TÖRMÄYS2	1	PUTKI	1.20
		2	BETONI+SILTA	1.20
		3	TUNGOS	1.60
		6	TÖRMÄYS2	1.00
12	MRT: PAINOT + TUNGOS + TÖRMÄYS3	1	PUTKI	1.20
		2	BETONI+SILTA	1.20
		3	TUNGOS	1.60
		7	TÖRMÄYS3	1.00



Whole Structure Displacements 10mm:1m 9 KRT: PAINOT + TUNGOS

 Liite 2 StaadPro - mallin tuloste Software licensed to Merin AS	Job No	Sheet No 5 (5)	Rev
	Part		
Job Title Putkijohde	Ref		
	By TP	Date19-Apr-05	Chd
Client	File Putkijohde2.std	Date/Time 20-Apr-2005 14:30	



Whole Structure Mz,My 500kNm:1m 10 MRT: PAINOT + TUNGOS + TÖRMÄYS1

Liite 3
Vedenkorkeuden vuotuinen jakauma

1(1)

Merentutkimuslaitos 5.1.2000

VEDENKORKEUKSIEN (cm) VUOTUINEN JAKAUTUMA

	Havaintoasema												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Vuosi, jolloin havaintotoiminta on alkanut ko. mareografiasemalla. 1922 1922 1922 1922 1922 1926 1925 1933 1922 1923 1887 1904 1928													
MAX	201	183	162	139	144	148	132	121	127	100	123	136	166
MHW	118	115	101	87	80	77	74	76	79	63	73	88	112
%													
0.1	116	111	104	92	83	81	77	78	79	71	78	88	110
0.2	106	101	96	85	78	76	72	73	73	66	73	81	99
0.3	99	95	91	81	74	72	69	70	69	63	69	76	92
0.4	94	91	87	78	72	69	66	68	66	61	66	73	87
0.5	91	87	83	75	69	67	64	66	64	59	64	71	84
1.0	80	76	74	66	62	60	57	58	57	53	57	63	74
2.0	68	65	63	57	53	52	49	51	50	46	49	54	63
3.0	61	58	57	51	48	47	44	46	45	42	45	49	56
4.0	56	53	52	47	44	43	41	42	41	38	41	45	51
5.0	51	49	48	44	41	40	38	39	39	36	39	42	48
10.0	38	36	36	33	32	31	29	30	30	28	30	32	36
15.0	29	28	29	27	25	25	23	24	24	23	24	25	29
20.0	23	22	23	21	20	20	19	20	19	19	19	20	23
25.0	18	17	18	17	16	16	15	16	16	15	16	16	18
30.0	13	13	14	13	13	13	12	12	12	12	12	13	14
40.0	6	6	7	7	7	7	6	7	6	6	7	7	7
50.0	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
60.0	-7	-6	-5	-5	-4	-4	-5	-4	-4	-3	-3	-5	-5
70.0	-14	-13	-12	-11	-10	-10	-10	-9	-10	-9	-9	-10	-11
75.0	-18	-16	-15	-14	-13	-13	-13	-12	-13	-12	-12	-14	-15
80.0	-22	-21	-19	-18	-17	-17	-17	-16	-16	-15	-15	-17	-19
85.0	-27	-25	-24	-22	-21	-21	-21	-20	-20	-19	-19	-21	-23
90.0	-34	-31	-30	-28	-27	-26	-26	-25	-25	-23	-23	-26	-29
95.0	-43	-40	-39	-36	-35	-34	-33	-32	-32	-30	-31	-34	-38
96.0	-46	-43	-42	-39	-37	-36	-35	-34	-34	-32	-33	-37	-40
97.0	-49	-47	-45	-42	-40	-38	-38	-37	-37	-35	-36	-40	-44
98.0	-54	-51	-49	-46	-43	-42	-41	-40	-41	-38	-39	-44	-49
99.0	-61	-58	-56	-52	-49	-48	-48	-46	-47	-44	-46	-51	-56
99.5	-70	-65	-63	-57	-54	-53	-52	-51	-53	-50	-51	-56	-63
99.6	-73	-68	-66	-59	-55	-54	-53	-53	-54	-51	-53	-58	-65
99.7	-78	-71	-69	-61	-57	-55	-55	-54	-56	-53	-54	-60	-68
99.8	-82	-76	-74	-65	-60	-58	-56	-56	-58	-54	-56	-63	-71
99.9	-92	-86	-83	-72	-64	-62	-59	-59	-61	-58	-60	-67	-79
MLW	-78	-83	-81	-70	-63	-57	-53	-50	-49	-42	-48	-63	-79
MIN	-125	-131	-129	-113	-100	-91	-80	-77	-74	-71	-78	-92	-110

Hav.asemat: 1=Kemi/Ajos 2=Oulu 3=Raahe 4=Pietarsaari 5=Vaasa 6=Kaskinen
7=Mäntyluoto 8=Rauma 9=Turku 10=Degerby 11=Hanko 12=Helsinki 13=Hamina

MHW=vuosimaksimien keskiarvo, MLW=vuosiminimien keskiarvo.
Taulukko perustuu vuosien 1887-1999 havaintoihin.
Korkeusjärjestelmä on teor. keskivesi.

Vasemman sarakkeen %-luvut vastaavat sitä aikaa vuodesta, jonka veden-
korkeus on yhtäsuuri tai suurempi kuin taulukon vedenkorkeus. Esim.
0.1% vastaa 9 tuntia, 1% 3.5 vuorokautta, 5% 18 vuorokautta vuodessa.

Teoreettisen keskiveden korkeus eri järjestelmissä

Ohjelma: TEORMW

*) Keskiveden muutos mm/v		TEOREETTISEN KESKIVEDEN KORKEUS (mm)																
		1996			1997			1998			1999			2000				
		NN	N43	N60	NN	N43	N60	NN	N43	N60	NN	N43	N60	NN	N43	N60		
1)	2)	3)																
Kemi	7.30	7.35	4.35	-557	-327	-185	-561	-331	-189	-566	-336	-194	-570	-340	-198	-574	-344	-202
	7.10	6.90	3.90	-530	-311	-183	-534	-315	-187	-538	-319	-191	-542	-323	-195	-546	-327	-199
	7.80	7.42	4.42	-599	-340	-230	-603	-344	-234	-607	-348	-238	-612	-353	-243	-616	-357	-247
Pietarsaari	8.20	8.01	5.01	-653	-403	-258	-658	-408	-263	-663	-413	-268	-668	-418	-273	-673	-423	-278
Vaasa	8.00	7.74	4.74	-610	-373	-246	-615	-378	-251	-620	-383	-256	-625	-388	-261	-629	-392	-265
Kaskinen	7.40	7.25	4.25	-553	-355	-226	-558	-360	-231	-562	-364	-235	-566	-368	-239	-570	-372	-243
Mäntyluoto	6.40	6.37	3.37	-482	-322	-186	-486	-326	-190	-489	-329	-193	-492	-332	-196	-496	-336	-200
Rauma	5.90	5.45	2.45	-438	-303	-165	-440	-305	-167	-443	-308	-170	-445	-310	-172	-447	-312	-174
Turku	4.40	4.14	1.14	-286	-203	-120	-287	-204	-121	-288	-205	-122	-289	-206	-123	-290	-207	-124
Degerby	4.60	4.27	1.27	-305	-214	-130	-306	-215	-131	-307	-216	-132	-308	-217	-133	-310	-219	-135
Hanko	3.10	2.73	-0.27	-158	-131	-82	-158	-131	-82	-158	-131	-82	-158	-131	-82	-157	-130	-81
Helsinki	2.50	2.14	-0.86	-120	-120	-70	-119	-119	-69	-118	-118	-68	-117	-117	-67	-116	-116	-66
Hamina	2.20	1.69	-1.31	-89	-98	-35	-88	-97	-34	-87	-96	-33	-85	-94	-31	-84	-93	-30

*) Positiivinen arvo tarkoittaa keskiveden nollakohdan alenemista, negatiivinen kohoamista

1) Käytetään vuotta 1990 vanhempaan aineistoon

2) Käytetään vuosien 1990-1992 aineistoon

3) Käytetään vuosien 1993- aineistoon

Huom ! Vuodesta 1993 eteenpäin keskiveden muutos tarkistetaan vuosittain

Teoreettisen keskiveden korkeus eri järjestelmissä

Ohjelma: TEORMW

TEOREETTISEN KESKIVEDEN KORKEUS (mm)

*) Keskiveden muutos mm/v			2001			2002			2003			2004			2005			
	1)	2)	3)	NN	N43	N60	NN	N43	N60	NN	N43	N60	NN	N43	N60	NN	N43	N60
				-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Kemi	7.30	7.35	4.35	-579	-349	-207	-583	-353	-211	-588	-358	-216	-592	-362	-220	-596	-366	-224
Oulu	7.10	6.90	3.90	-550	-331	-203	-554	-335	-207	-558	-339	-211	-562	-343	-215	-565	-346	-218
Raahe	7.80	7.42	4.42	-621	-362	-252	-625	-366	-256	-629	-370	-260	-634	-375	-265	-638	-379	-269
Pietarsaari	8.20	8.01	5.01	-678	-428	-283	-683	-433	-288	-688	-438	-293	-693	-443	-298	-698	-448	-303
Vaasa	8.00	7.74	4.74	-634	-397	-270	-639	-402	-275	-644	-407	-280	-648	-411	-284	-653	-416	-289
Kaskinen	7.40	7.25	4.25	-575	-377	-248	-579	-381	-252	-583	-385	-256	-587	-389	-260	-592	-394	-265
Mäntyluoto	6.40	6.37	3.37	-499	-339	-203	-502	-342	-206	-506	-346	-210	-509	-349	-213	-513	-353	-217
Rauma	5.90	5.45	2.45	-450	-315	-177	-452	-317	-179	-455	-320	-182	-457	-322	-184	-460	-325	-187
Turku	4.40	4.14	1.14	-292	-209	-126	-293	-210	-127	-294	-211	-128	-295	-212	-129	-296	-213	-130
Degerby	4.60	4.27	1.27	-311	-220	-136	-312	-221	-137	-314	-223	-139	-315	-224	-140	-316	-225	-141
Hanko	3.10	2.73	-0.27	-157	-130	-81	-157	-130	-81	-156	-129	-80	-156	-129	-80	-156	-129	-80
Helsinki	2.50	2.14	-0.86	-116	-116	-66	-115	-115	-65	-114	-114	-64	-113	-113	-63	-112	-112	-62
Hamina	2.20	1.69	-1.31	-83	-92	-29	-81	-90	-27	-80	-89	-26	-79	-88	-25	-77	-86	-23

*) Positiivinen arvo tarkoittaa keskiveden nollakohdan alenemista, negatiivinen kohoamista

1) Käytetään vuotta 1990 vanhempaan aineistoon

2) Käytetään vuosien 1990-1992 aineistoon

3) Käytetään vuosien 1993- aineistoon

Huom ! Vuodesta 1993 eteenpäin keskiveden muutos tarkistetaan vuosittain